

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij rudarstva

**MODELIRANJE RAZVOJA RUDARSKIH RADOVA NA BOKSITONOSNOM
PODRUČJU SKAKAVAC KOD JAJCA**

Diplomski rad

Rade Skočić

R 136

Zagreb, 2016.

MODELIRANJE RAZVOJA RUDARSKIH RADOVA NA BOKSITONOSNOM
PODRUČJU SKAKAVAC KOD JAJCA

RADE SKOČIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za rudarstvo i geotehniku
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb

Sažetak

U ovom diplomskom radu je prikazano boksitonosno područje u okolici Jajca. Prikazani su lokaliteti Crvene stijene, Poljane i Skakavac. U računalnom programu *Power InRoads* je izrađen 3D model postojećeg stanja koji obuhvaća izradu modela terena, kontaktne plohe, rasjeda i ležišta boksita. Izrađen je model eksploatacije ležišta boksita na lokalitetu Skakavac, te su u tu svrhu modelirane dvije varijante eksploatacije ležišta. Prva varijanta je eksploatacija ležišta površinskim kopom koji bi zahvatio gotovo cijelo ležište boksita, dok druga predstavlja kombinaciju površinske i podzemne eksploatacije. Predloženo je da se uz eksploataciju boksita razmotri i mogućnost eksploatacije krovine i podine ležišta boksita odnosno breča i vapnenaca. Modelirani su i predloženi daljnji istražni radovi pomoću istražnih hodnika koji su postavljeni neposredno ispod kontaktne plohe i iz kojih bi se radile istražne bušotine paralelno s kontaktnom plohom. Daljnji istražni radovi su modelirani na lokalitetu Skakavac, te između lokaliteta Skakavac i Crvenih stijena.

Ključne riječi: Power InRoads, 3D modeliranje, kontaktna ploha, boksit, a-g kamen

Diplomski rad sadrži: 63 stranice, 9 tablica, 57 slika i 7 referenci.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta,
Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Ivo Galić, izvanredni profesor RGNF

Dr. sc. Ivan Dragičević, redoviti profesor RGNF

Dr. sc. Tomislav Korman, docent RGNF

Datum obrane: 18.11.2016., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology
and Petroleum Engineering

Master's Thesis

MODELING DEVELOPMENT OF MINING WORKS ON THE BAUXITE AREA
SKAKAVAC NEAR JAJCE

RADE SKOČIĆ

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering
Institute of Mining and Geotechnics,
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

This thesis shows bauxite area around Jajce. Shown are the localities of Crvene Stijene, Poljane and Skakavac. The computer program *Power Inroads* was created a 3D model of the current situation which includes the construction of a model of the terrain, the contact surfaces, faults and bauxite. A model of exploitation of bauxite deposits at Skakavac, and for this purpose modeled two variants of exploitation of deposits. The first variant is the exploitation of deposits of surface mining that swept almost all the bauxite deposits, while the other is a combination of surface and underground mining. It was suggested that with the exploitation of bauxite consider the possibility of exploitation of hanging wall and footwall bauxite respectively breccias and limestones. Are modeled and proposed further investigations by investigative corridors that are placed directly below the contact surface and from which would be operated exploration well in parallel with the contact surface. Further investigations are modeled on the site Skakavac and between localities Skakavac and Crvene Stijene.

Keywords: 3D modeling, Microstation, underground chambers, contact surface, bauxite

Thesis contains: 63 pages, 9 tables, 57 figures, 7 enclosures and references.

Original in: Croatian.

Thesis deposited at: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum
Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Ivo Galić, Associate Professor

Reviewers: PhD Ivo Galić, Associate Professor
PhD Ivan Dragičević, Full Professor
PhD Tomislav Korman, Assistant Professor

Date of defense: October 18th, 2016., University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology
and Petroleum Engineering

SADRŽAJ

SADRŽAJ.....	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	VI
POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I ODGOVARAJUĆIH SI JEDINICA	VII
1. UVOD.....	1
2. OSNOVNE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA ISTRAŽIVANJA.....	2
2.1. Geografski položaj.....	2
2.2. Klimatske i hidrološke značajke	3
2.3. Morfološke značajke.....	4
3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA	5
3.1. Litostratigrafske značajke	5
3.1.1. Donja kreda	7
3.1.2. Gornja kreda.....	8
3.1.3. Miocen.....	9
3.2. Tektonika šireg istraživaniog područja	10
4. MINERALNE SIROVINE U PODRUČJU ISTRAŽIVANJA.....	11
4.1. Boksit.....	11
4.2. Arhitektonsko-građevni kamen.....	15
5. MODELIRANJE POSTOJEĆEG STANJA.....	23
5.1. Modeliranje terena	24
5.2. Modeliranje kontaktne plohe	26
5.3. Modeliranje rasjednih ploha	28
6. IZRADA MODELA EKSPLOATACIJE BOKSITA NA LOKALITETU SKAKAVAC	30
6.1. Modeliranje ležišta boksita	35
6.2. Prva varijanta eksploatacije ležišta boksita.....	41

6.3. Druga varijanta eksploatacije ležišta boksita.....	52
7. MODELIRANJE DALJNJIH ISTRAŽNIH RADOVA.....	54
7.1. Modeliranje daljnjih istražnih radova na lokalitetu skakavac.....	55
7.2. Modeliranje daljnjih istražnih radova između lokaliteta skakavac i lokaliteta crvene stijene	60
8. ZAKLJUČAK.....	62
9. LITERATURA	63

POPIS SLIKA

Slika 3-1. Osnovna geološka karta, list Jajce i geološki profil šireg područja istraživanja...	6
Slika 4-1. Ulaz u rudnik na lokalitetu Bešpelj.....	12
Slika 4-2. Prikaz izvoznog tornja na Poljanama iz 1970. godine	12
Slika 4-3. Ulaz u rudnik na lokalitetu Crvene stijene.....	13
Slika 4-4. Ležište a-g kamena na Crvenim stijenama	15
Slika 4-5. Shematski litostratigrafski stup područja Crvenih stijena (Dragičević i dr., 2015).....	16
Slika 4-6. Istražna galerija izrađena u prvom produktivnom sloju (karbonatne breče)	17
Slika 4-7. Zasjek u drugom produktivnom sloju	18
Slika 4-8. Zasjek u području istražnog prostora Poljane	19
Slika 4-9. Zasjek u području istražnog prostora Poljane	19
Slika 4-10. Shematski litostratigrafski stup područja Poljane (Dragičević i dr., 2016)	20
Slika 4-11. Ispolirana ploča a-g kamena „San Giovanni grigio“	21
Slika 4-12. Ispolirane ploče a-g kamena „San Giovanni bianco“	22
Slika 5-1. Renderirani prikaz triangulirane površine terena promatranog područja	25
Slika 5-2. Renderirani prikaz triangulirane površine terena promatranog područja	25
Slika 5-3. Renderirani prikaz površine terena i kontaktne plohe	27
Slika 5-4. Renderirani prikaz površine terena i kontaktne plohe	27
Slika 5-5. Renderirani prikaz terena i kontaktne plohe na lokalitetu Skakavac	28
Slika 5-6. Renderirani prikaz rasjeda na promatranom području, pogled s juga.....	29
Slika 5-7. Renderirani prikaz rasjeda na promatranom području, pogled sa zapada.....	29
Slika 6-1. Prikaz izvedenih istražnih bušotina na lokalitetu Skakavac, M1:400.....	30
Slika 6-2. Prikaz litološkog stupa bušotine SK1	31
Slika 6-3. Prikaz litološkog stupa bušotine SK2	31
Slika 6-4. Prikaz litološkog stupa bušotine SK3	32
Slika 6-5. Prikaz litološkog stupa bušotine SK4	32
Slika 6-6. Prikaz litološkog stupa bušotine SK5	33
Slika 6-7. Prikaz litološkog stupa bušotine SK6	33
Slika 6-8. Prikaz litološkog stupa bušotine SK7	34
Slika 6-9. Prikaz litološkog stupa bušotine SK8	34
Slika 6-10. Shematski model istražnih bušotina na lokalitetu Skakavac	36
Slika 6-11. Renderirani prikaz ležišta boksita i kontaktne plohe na lokalitetu Skakavac ...	37

Slika 6-12. Renderirani prikaz površine terena, kontaktne plohe i ležišta boksita na lokalitetu Skakavac	37
Slika 6-13. Renderirani prikaz površine terena, kontaktne plohe i ležišta boksita na lokalitetu Skakavac	38
Slika 6-14. Obračunski presjeci modeliranog ležišta boksita, M1:2000	39
Slika 6-15. Kontrolini obračunski presjeci modeliranog ležišta boksita, M1:1500	40
Slika 6-16. Renderirani prikaz većeg kopa, kontaktne plohe i ležišta boksita	42
Slika 6-17. Renderirani prikaz većeg kopa i rasjeda na lokalitetu Skakavac	44
Slika 6-18. Renderirani prikaz većeg kopa i rasjeda na lokalitetu Skakava	44
Slika 6-19. Renderirani prikaz većeg kopa i potoka Skakavac	45
Slika 6-20. Renderirani prikaz većeg kopa, dislociranog potoka i pristupne ceste	45
Slika 6-21. Renderirani prikaz većeg kopa i pristupnih cesta za etaže	46
Slika 6-22. Legenda za presjeke većeg površinskog kopa	46
Slika 6-23. Presjeci većeg površinskog kopa, M1:2000	47
Slika 6-24. Položaj presjeka u odnosu na kop, ležište boksita i istražne bušotine	48
Slika 6-25. Renderirani prikaz manjeg kopa i pristupnih cesta za etaže	52
Slika 6-26. Renderirani prikaz manjeg kopa i podzemnih prostorija za eksploataciju ležišta	53
Slika 6-27. Renderirani prikaz manjeg kopa, podzemnih prostorija i ležišta boksita	53
Slika 7-1. Renderirani prikaz proširenog hodnika (istražne komore) i položaja istražnih bušotina	54
Slika 7-2. Renderirani prikaz većeg površinskog kopa i kontaktne plohe	56
Slika 7-3. Renderirani prikaz većeg površinskog kopa i istražnih hodnika izrađenih iz kopa	56
Slika 7-4. Renderirani prikaz većeg površinskog kopa i njegovih pristupnih cesta, te istražnih hodnika	57
Slika 7-5. Renderirani prikaz većeg površinskog kopa	58
Slika 7-6. Renderirani prikaz većeg površinskog kopa i istražnih hodnika	59
Slika 7-7. Renderirani prikaz istražnih radova	59
Slika 7-8. Renderirani prikaz površine terena, kontaktne plohe i istražnih hodnika između lokaliteta Skakavac i Crvene Stijene	60
Slika 7-9. Renderirani prikaz površine terena, kontaktne plohe i istražnih radova između lokaliteta Skakavac i Crvene Stijene	61

Slika 7-10. Renderirani prikaz kontaktne plohe i istražnih radova između lokaliteta Skakavac i Crvene Stijene	61
---	----

POPIS TABLICA

Tablica 4-1. Srednji sadržaj osnovnih mineralnih komponenti (Dragičević, 1981).....	14
Tablica 4-2. Prosječni sadržaj kemijskih spojeva (Dragičević, 1981)	14
Tablica 6-1. Podaci o izbušenim istražnim bušotinama	35
Tablica 6-2. Izračun obujma ležišta boksita metodom paralelnih presjeka.....	39
Tablica 6-3. Kontrolni izračun obujma ležišta boksita metodom paralelnih presjeka	41
Tablica 6-4. Proračun obujma boksita unutar kopa	49
Tablica 6-5. Proračun obujma breča unutar kopa.....	50
Tablica 6-6. Proračun obujma vapnenaca unutar kopa.....	50
Tablica 6-7. Proračun obujma jalovine (kalkarenita i lapora) unutar kopa	51

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I ODGOVARAJUĆIH SI JEDINICA

Oznaka	Opis	Jedinica
O _b	Obujam	(m ³)
l	Udaljenost presjeka	(m)
P	Površina	(m ²)
%	Udio	(%)
m	Masa	(t)

1. UVOD

U ovom radu je prikazano boksitonosno područje na kojem se nalaze lokaliteti Skakavac, Crvene stijene i Poljane kod Jajca. Površina terena sa svim pripadajućim elementima terena modelirana je u računalnom programu *Power InRoads*. Na promatranom području još je napravljen trodimenzionalni prikaz kontaktne plohe i rasjeda. Modelirane su i dvije varijante eksploatacije boksita na lokalitetu Skakavac na kojem traje istražno bušenje kojim je pronađeno ležište boksita. Do sad je izbušeno osam istražnih bušotina, a sa šest je nabušen boksit. Predloženi su i daljnji istražni radovi na Skakavcu, te između Skakavca i Crvenih stijena. Predloženi radovi se zasnivaju na ideji da se ovo boksitonosno područje, koje je kroz povijest često istraživano bušenjem sa površine terena, nastavi istraživati pomoću istražnih hodnika koji bi se postavljali neposredno ispod kontaktne plohe. Takvi radovi već se izvode na području Bešpelja a planiraju se izvoditi i na Poljanama. Istražno bušenje bi se provodilo iz hodnika tako da bušotina prati nagib kontaktne plohe.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

2.1. Geografski položaj

Boksitonosna područja Rudnika boksita Jajce: Poljane, Crvene stijene, Skakavac i Bešpelj, pripadaju istoj planinskoj visoravni većih razmjera koja se prostire od zapadnog područja planine Vlašić, pa na sjeverozapad do kanjona rijeke Vrbas.

Boksitonosno područje Crvene stijene nalazi se na jugozapadnim padinama planine Hranče, sjeverozapadno od Poljana na udaljenosti od oko 4 km. Kroz ovo područje prolazi cesta koja od Jajca vodi prema Bešpelju, poznatom nalazištu boksita. Na ovom lokalitetu se odvaja i cesta za Poljane, gdje se također nalazi važno nalazište boksita. Od prometnica Sarajevo – Banja Luka te Jajce – Bihać ovo je područje udaljeno svega 10-ak km, što čini ovaj lokalitet dobro prometno povezanim s ostatkom šireg područja, a što je važno za transport boksita. Rubnim dijelovima istraživanog terena protječu rijeke Vrbas i Ugar te čine sjevernu i sjeveroistočnu granicu promatranog područja. Zapadnim dijelom istraživanog terena protječe Crna rijeka. Nadmorska visina promatranog područja je od 900 metara do 1200 metara, a najviši vrh su Ovčine sa nadmorskom visinom od 1208 metara.

Boksitonosno područje Poljane smješteno je sjeveroistočno od Jajca na udaljenosti od oko 10 km zračne crte, na jugozapadnim padinama planine Hranče koja je zapravo zapadni nastavak velikog planinskog masiva Vlašića. Na sjeveru je ograničeno Velikim dolom, na istoku pravcem Pavlovići-Brnjići-Gola planina, na zapadu pravcem Lendići-Podovi i na jugu pravcem Lendići-Gola planina. Cijeli teren ima planinska obilježja s izraženim vrhovima Suvi vrh (1433 m) i Kik (1438 m). Područje je brojnim rudničkim putovima povezano s asfaltnim putem Kuprešani-Bešpelj, a preko njega i na magistralnu cestu Banja Luka-Jajce-Sarajevo.

I na posljetku dolazi boksitonosno područje Skakavac koje je smješteno južno od Crvenih stijena na udaljenosti od oko 2 km, a zapadno u odnosu na Poljane na udaljenosti od oko 2,3 km. Zbog neposredne blizine ovih dvaju starih ali još uvijek aktivnih eksploatacijskih polja veoma je dobro prometno povezan. Kroz područje na kojem se vrši istražno bušenje prolazi potok Skakavac po kojem je i ovaj istražni prostor dobio ime. Na udaljenosti od 400 m južno od istražnog područja Skakavac se nalazi selo Potok, a istočno od njega potok Herdeljevac.

2.2. Klimatske i hidrološke značajke

Promatrano područje nalazi se u pojasu umjerene kontinentalne klime s toplim ljetima, ali velika nadmorska visina uvjetuje ostru planinsku klimu sa dugim zimama. Izražene su niske temperature i velike količine snježnih padalina, te one imaju znatan utjecaj na kontinuirani rad i iskorištenje godišnjeg fonda radnog vremena. Zimi se temperature spuštaju i do -20°C . Tijekom zime su snježne padaline česte i obilne, ali se čišćenjem prometnica promet odvija nesmetano. Padaline su najčešće u proljeće i na prijelazu jesen - zima. Prosječne ljetne temperature iznose oko 20°C .

Promatrano područje pripada krškom hidrološkom režimu. Razlog tome je što je područje izgrađeno većinom od karbonatnih stijena koje su izrazito propusne te zbog toga područje obiluje velikom količinom podzemne vode. Međutim, razina podzemne vode se nalazi na puno većoj dubini nego što je područje koje je predviđeno za istraživanje.

Na dijelu terena gdje se na površini nalaze fliš i miocenski klastiti onemogućeno je procjeđivanje vode u podzemlje zbog slabe propusnosti tih stijena te za vrijeme jakih oborina na tim naslagama dolazi do stvaranja jakih bujičnih tokova koji obično presuše ubrzo nakon prestanka padalina.

Zbog tektonskog položaja istraživanog prostora i jake okršenosti karbonata ne može se očekivati formiranje izvora i značajnijih površinskih tokova. Prisutni su tek povremeni površinski tokovi koji su aktivni samo za vrijeme velikih količina padalina, te u vrijeme topljenja snježnog pokrivača.

Značajniji stalni površinski tokovi na istraživanom području su rijeka Vrbas s pritokom Plivom, rijeka Ugar koja je desni pritok Vrbasa te Crna rijeka. Navedeni vodotoci često teku dolinama kanjonskih obilježja, a posebno u područjima gdje teren izgrađuju karbonatne stijene.

2.3. Morfološke značajke

Ovo područje se prema morfološkim značajkama svrstava u brdsko–planinski tip reljefa. Istraživano područje je velikim dijelom pokriveno gustim visokim šumama, a znatan dio terena pokrivaju i planinski pašnjaci, te mjestimično nalazimo i na izdanke stijena.

Morfološki oblici koje susrećemo na terenu u direktnoj su vezi s litološkim značajkama stijena kao i sa tektonikom promatranog područja. Razlikuju se tri osnovne cjeline (Dragičević, 1981):

- tereni izgrađeni od donjokrednih i cenomanskih vapnenaca
- tereni izgrađeni od gornjokrednih klastita
- tereni izgrađeni od neogenskih klastita

Tereni koji su izgrađeni od donjokrednih i cenomanskih vapnenaca čine velik dio promatranog područja. Procesi okršavanja stvorili su mnogobrojne morfološke oblike poput vrtača, škrapa i dolina, a vezani su upravo za područja koja su izgrađena od vapnenačkih stijena. Ova su područja obično prekrivena šumama. (Dragičević, 1981)

Drugu morfološku jedinicu čine gornjokredni klastiti. To su uglavnom blago zaravnjene površine omeđene plićim ili dubljim potočnim dolinama. Na tom području prevladavaju livade i pašnjaci, a tek manji dio je pokriven šumama. (Dragičević, 1981)

U treću morfološku jedinicu spada neogenski bazen Jajca te nekoliko manjih izoliranih erozijskih ostataka neogenskih naslaga. Od reljefnih oblika susrećemo dublja korita potoka, oštre vrhove te doline s obradivim zemljištem. (Dragičević, 1981)

3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA

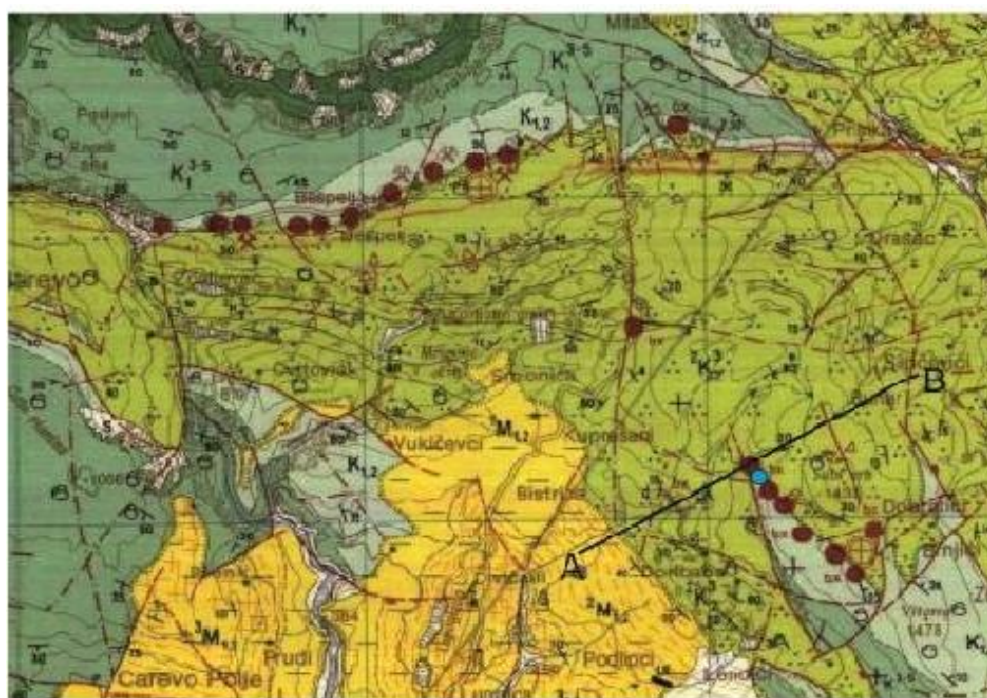
Geološka građa šireg područja triju promatranih lokaliteta prikazana je na geološkoj karti 1:100 000 (slika 3-1) (Marinković i Ahac, 1975).

U širem području, prema Osnovnoj geološkoj karti, list Jajce, 1:100 000, utvrđene su naslage širokog stratigrafskog raspona od donje krede do kvartara, a prevladavaju vapnenci i karbonatni klastiti. Tektonski su odnosi zamršeni. (Dragičević i dr., 2016)

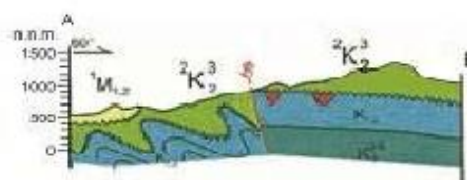
3.1. Litostratigrafske značajke

Najstarije naslage izdvojene na promatranom području su različiti tipovi vapnenaca donje krede. Oni su produkt ujednačene marinske sedimentacije koja se odvijala na karbonatnoj platformi koja je u to vrijeme egzistirala na ovom području. Uglavnom su to plitke marinske sredine s veoma bujnim životom koji je dao velike količine biogenih vapnenaca. Većinu ovih vapnenaca izgradile su foraminifere i vapnenačke alge, dok u cenomanu značajni udio u izgradnji vapnenaca imaju školjke i puževi. S obzirom na životne zajednice koje prevladavaju u ovom području i tipove sedimenta koje nalazimo, zaključujemo da se radi o relativno toploj marinskoj sredini. Početkom turona ovo područje je izdignuto i stvara se kopnena površina. Pokreti koji su doveli do formiranja kopna nisu značajnije utjecali na preoblikovanje nastalih sedimenata. Na nastalom kopnu, procesima okršavanja, nastala su brojna krška udubljenja u koje se deponirao materijal iz kojeg je kasnije nastao boksit. Materijal je prvotno bio jednolično raspoređen po cijeloj površini, a povremenim kišama i vjetrom transportiran je u negativne forme reljefa. Tako su nastala današnja ležišta boksita. Krajem konijaka dogodili su se značajniji tektonski pokreti što se odrazilo na tipu sedimentacije. Izdignuto područje zahvaćeno je transgresijom, te dolazi do taloženja klastičnih naslaga, uglavnom su to karbonatne breče. Ove klastične naslage su transgresivne na podlozi koja je od cenomanskih vapnenaca. (Dragičević, 1981)

U nastavku teksta biti će opisane sve naslage koje prevladavaju na promatranom području. Njihova rasprostranjenost i starost prikazana je na Osnovnoj geološkoj karti 1:100 000, list Jajce (Marinković i Ahac, 1975).



GEOLOŠKI PROFIL A-B
1 : 100 000



LEGENDA:

	sičeri		os antiklinale i sinklinale, uspravne ili kosu
	vapnenci (sedra)		os antiklinale i sinklinale, prevrnuće ili pogle
	lapori i gline s ugljanom		rasjedi bez oznake karaktera: utvrđeni, pomiceni, pretpostavljeni
	konglomerati		relativno spuštani blok
	flyš: konglomerati, kalkareniti		čelo navlake
	uslojeni do bikoviti vapnenci		mikrofosfor, mikrotautau
	vapnenci sa salpigeroporelana i orbitolinema		ležište i pojava boksita
	vapnenci i dolomiti		Duboke bušotine: grupa 20-50 km
	normalna granice: utvrđena, pokrivena		jamski rad, aktivan
	tektonsko-erozijska granice: utvrđena, pokrivena		trasa geološkog profila
	elementi položaja sloja: nagnut, prebačen, vodoravan		lokacija istražnog prostora «Pojanje»

Slika 3-1. Osnovna geološka karta, list Jajce i geološki profil šireg područja istraživanja (M 1:100 000) (Marinković i Ahac, 1975)

3.1.1. Donja kreda

Valendis-barem (K_1^{1-3})

Naslage valendis-barema su najstarije izdvojene naslage na promatranom terenu. Sastoje se od različitih tipova uslojenih vapnenaca, a najčešće su to svijetlosivi do bijeli uslojeni vapnenci s miliolidama i rudistima. Vapnenci su jako okršeni i debljina im iznosi oko 400 m. Ove naslage nalaze se na velikom prostoru od Dubokog Dole do Bukovika gdje izgrađuju strme litice. Na temelju mikrofosila ove naslage su pribrojene valendisu, otrivu i dijelu barema. Granica prema aptu definirana je pojavom orbitolinida tzv. "donji orbitolonski vapnenci" što je u skladu s istraživanjima u širem području Vanjskih Dinarida. (Dragičević, 1981)

Barem-apt (K_1^{3-5})

Ove naslage izgrađuju velike površine u sjevernom i jugozapadnom dijelu terena prikazanom na priloženoj geološkoj karti. To su pretežito pločasti dobro uslojeni vapnenci. Nekada su slojevi debeli i do 100 centimetara. Boja vapnenaca varira od sivo smeđe, svijetlosive do tamnosive boje. Raznovrsni tipovi plitkomorskih vapnenaca prisutni su kroz cijeli stup naslaga koji je debeo oko 450 metara. Na vapnence barema konkordatno naliježu različiti tipovi vapnenaca aptske statrosti. Najčešće su to fosiliferni mikriti i fosiliferni pseudoospariti. Pronađena je veoma bogata fosilna zajednica, a od makrofosila dosta su česti fragmenti školjki koji pripadaju primitivnim rudistima. (Dragičević, 1981)

Alb (K_1^6)

Naslage alba predstavljene su različitim tipovima vapnenca koji se konkordantno nastavljaju na vapnence apta. Uglavnom su to fosiliferni mikriti, fosiliferni pseudoomikriti, pseudoospariti. To su bijeli do svijetlosivi vapnenci koji se mjestimično izmjenju s smeđim pločastim vapnencima. Debljina slojeva varira od 50 do 80 cm. Naslage su znatno okršene i debljina tih naslaga iznosi oko 320 m. Zajednice mikrofosila su dosta česte i nalazimo ih u gotovo svakom sloju. Granica na promatranom terenu između donje i gornje krede postavljena je tamo gdje se u većem broju pojavljuju sitni rudisti, puževi i miliolide. (Dragičević i dr., 2015)

3.1.2. Gornja kreda

Na osnovu litoloških značajki i fosilnog sadržaja na razmatranom području izdvojena su dva člana gornje krede:

1. Cenoman (K_2^1)

2. Senon (K_2^3)

Debljina naslage gornje krede iznosi oko 1150 m.

Cenoman (K_2^1)

Vapnenci cenomana čine podinu boksit. Uglavnom su to dobro uslojeni pseudoospariti i mikriti ružičaste do bijele boje. Debljina slojeva iznosi od 20 do 70 cm. Jako su okršeni, a debljina cijelog paketa naslaga iznosi 260 m. Ove naslage su jako zanimljive zato što su ležišta boksita formirana u krškim paleo udubljenjima cenomanskih vapnenaca. Fosilni sadržaj nije bogat. Na promatranom području turon nije dokazan i vjerojatno je u to vrijeme ovo područje bilo kopno, kada su stvoreni uvjeti za formiranje ležišta boksita. (Dragičević, 1981)

Senon (K_2^3)

Sedimenti senona zastupljeni su karbonatnim klastičnim naslagama koji imaju karakteristike fliša i predstavljaju krovinu boksita. Ove naslage imaju veliko rasprostriranje u području Ranča planine, Bukovika i Dobratića, Crvenih stijena, Liskovice i Poljana. Debljina slojeva varira, od preko 5 m debelih slojeva rudistnih breča, kao i vrlo tanke laminirane slojeve lapora. Boja ovih naslaga ovisi o udjelu glinovite komponente, a obično je siva, tamnosiva do crvena. Senonske breče stvarane su u predgrebenskom području, a nastale su intezivnim trošenjem grebena. Sastoje se od uglatih fragmenata rudista kao i od fragmenata cenomanskih vapnenaca, odlikuju se potpunom nesortiranošću. Česti su i fragmenti boksita što ukazuje na intezivnu tektoniku. Vezivo je kalcitično, pa breče na prvi pogled imaju izgled biogenog vapnenca. U njima su česti i potpuno očuvani primjeri rudista što ukazuje na mali transport produkata razorenog grebena. (Dragičević, 1981)

3.1.3. Miocen

Prvi superpozicijski paket (¹ M_{1,2})

Ovo je najstariji superpozicijski paket neogenskih taložina. Razvijen je u njegovom bazalnom dijelu u središnjem južnom dijelu terena prikazanog na priloženoj geološkoj karti u okviru Jajačkog neogenskog bazena (Slika 3-1). Predstavljen je dobro uslojenim debelim do bankovitim slojevima konglomerata unutar kojih dolaze ulošci slabo vezanih pješčenjaka žute boje. Leže transgresivno i diskordantno na krednim naslagama. Konglomerati su polimiktni. Valutice su srednje do slabozaoobljene. Dominiraju vapnenačke valutice, a rjeđe se javljaju rožnaci, kalkareniti, kvarc i lapor. Vezivo je glinovito-pjeskovito, rjeđe kalcitično. Valutice mogu dosegnuti i do 30 cm u promjeru. (Dragičević i dr., 2015)

Drugi superpozicijski paket (² M_{1,2})

Kontinuirano na najstarijem superpozicijskom paketu slijede tankopločasti i tanko slojeviti lapori i gline sa rijetkim tankim ulošcima slabo vezanih pješčenjaka. Unutar ovog paketa pojavljuju se i slojevi ugljena (istočno od sela Podlipci i u području Divičana). Debljina slojeva ugljena varira od 0,5 - 2,0 m. (Dragičević i dr., 2016)

Treći superpozicijski paket (³ M_{1,2})

Kontinuirano na naprijed opisanom paketu slijedi treći superpozicijski paket. Najbolje je dostupan promatranju u području Careva polja, Pšenika i Prudi. Predstavljen je sedrastim šupljikavim vapnencima. Boja im je smeđa do žućkasta. Debljina ovih vapnenaca iznosi 50-60 m.

5.1.4. Sipari (S)

Uzdruž dubokih kanjonskih dolina Vrbasa i Ugra na više mjesta prisutni su sipari koji nastaju i u recentno vrijeme. Kredni vapnenci koji su oštećeni tektonskim procesima i procesima okršavanja izvrgnuti su neprestano egzogenim geološkim faktorima što dovodi do njihovog mehaničkog raspadanja i gravitacijskog premještanja u podnožje padina. Odronjeni materijal je nevezan, nezaobljen i djelomično sortiran. U dnu sipara su česti blokovi vapnenaca veličine i do nekoliko m³. (Dragičević i dr., 2016)

3.2. Tektonika šireg istraživanog područja

O intenzivnoj tektonici šireg područja, prikazanog na geološkoj karti (slika 3-1), govore mnogi izmjereni podaci o položaju nagnutih i prebačenih slojeva, te brojni na terenu utvrđeni rasjedi. Temeljno strukturno obilježje području daju bore i rasjedi.

U strukturnom pogledu se razlikuju dva područja:

A) Istočno područje koje obuhvaća lokalitete Poljane i Crvene stijene, odlikuje se dinaridskim pružanjem struktura, dakle sjeverozapad-jugoistok. Karakteriziraju ga blage bore i normalni vertikalni do subvertikalni rasjedi. Ističe se sinklinala u području Poljana s blago položenim krilima ($10-30^\circ$). U sjeveroistočnom dijelu ovog područja klastične naslage senona („fliš“) intenzivnije su borane pa susrećemo i prebačene bore. (Dragičević i dr., 2016)

B) Zapadno područje u kojem se nalazi lokalitet Bešpelja, znatnije je tektonski poremećeno, a pružanje glavnih struktura (bore i rasjedi) je zapad-istok. Zapravo prisutni su zamršeni tektonski odnosi što se najbolje očituje u inverznoj strukturi Bešpelja (prebačena sinklinala). Prisutni su i rasjedi značajnijih skokova. Oni su normalni, najčešće poprečni i dijagonalni.

Najznačajniji rasjed koji je prikazan na priloženoj geološkoj karti je onaj koji razdvaja istočno i zapadno područje (prolazi područjem Crvenih stijena). Najvjerojatnije se radi o reversnom rasjedu sa značajnom komponentom horizontalnog tektonskog transporta. (Dragičević i dr., 2015)

4. MINERALNE SIROVINE U PODRUČJU ISTRAŽIVANJA

Područje razmatrano u ovom diplomskog radu je veoma interesantno zbog velike količine utvrđenih i eksploatiranih, pa tako i neutvrđenih rezervi boksita, arhitektonsko-građevnog, te tehničko-građevnog kamena. Upravo zbog toga je ovo područje kroz povijest bilo predmet mnogih istraživanja, počevši od austrougarskih geologa do danas. Temeljni stratigrafski i tektonski odnosi su riješeni kroz izradu Osnovne geološke karte 1:100 000, list Jajce (Marinković i Ahac, 1975). Brojna znanstvena istraživanja u boksitonosnom području Jajca su pridonijela boljem razumjevanju geneze boksita i omogućili učinkovitije pronalaženje ležišta duboko ispod krovinskih naslaga (Dragičević, 1981).

4.1. Boksit

U okolini Jajca eksploatacija boksita je počela 1958. godine na lokalitetu Bešpelj. Tu se i danas eksploatira boksit, a ulaz u rudnik je prikazan na slici 4-1. Od 1958. do 1966. godine koncesiju nad rudnikom je imalo poduzeće Elektrosond. Prve godine je proizvedeno 1800 tona boksita, a proizvodnja se povećavala za otprilike 10 000 tona godišnje. U ovom razdoblju eksploatacija se uglavnom radila ručno i uz pomoć priručnih sredstava za rad kao što su kramp, lopata, ručna dljetka i slično. Poduzeće Elektrosond iz Zagreba se zbog nesustavnog ulaganja u geološka istraživanja, obuku radnika i opremu koncem 1965. godine povlači, te odnosi opremu koju je do tada uložila u proizvodnju. (Rudnici boksita jajce, 2016)

Ubrzo nakon povlačenja poduzeća Elektrosond općina osniva poduzeće pod imenom Rudnici boksita Jajce koje do danas radi pod tim imenom. Već prve godine rada su postigli rekordnu proizvodnju od 88 000 tona boksita, te su kupljene bušilice za geološka istraživanja. Zahvaljujući sustavnom ulaganju u istraživanje narednih godina su otvorena tri nova rudnika. Prvo je otvoren rudnik Liskovica koji je započeo sa eksploatacijom 1968. godine, a danas više ne radi u sastavu Rudnika boksita Jajce. Potom je, 1969. godine, otvoren rudnik na lokalitetu Poljane, a na slici 4-2 se nalazi izvozni toranj koji se koristio na početku eksploatacije. Na lokalitetu Crvene stijene rudnik je otvoren 1983. godine, te radi i danas. Ulaz u rudnik Crvene stijene se nalazi na slici 4-3. Otvaranjem ovih pogona je poduzeće Rudnici boksita Jajce postalo stabilno i respektabilno poduzeće, a uz to je i pomoglo

lokalnom stanovništvu kroz zapošljavanje, te izgradnjom infrastrukture. (Rudnici boksita jajce, 2016)



Slika 4-1. Ulaz u rudnik na lokalitetu Bešpelj



Slika 4-2. Prikaz izvoznog tornja na Poljanama iz 1970. godine



Slika 4-3. Ulaz u rudnik na lokalitetu Crvene stijene

Boksitna ležišta na ovom području nastala su tijekom kopnene faze okršavanjem vapnenaca, koji čine podinu boksitnih ležišta, taloženjem materijala na površini, te njegovim transportom (kiša, vjetar) u brojna krška udubljenja. Nakon toga je ovo područje bilo zahvaćeno transgresijom, te je došlo do taloženja klastičnih naslaga, uglavnom karbonatnih breča. Ležišta boksita nastaju na kontaktnoj plohi tako da nam određivanje dubine, nagiba i pružanja kontaktne plohe može pomoći pri pronalaženju ležišta boksita. Oblik ležišta boksita na ovom području je uglavnom nepravilan što je rezultat paleookršavanja vapnenaca koji čine podinu boksita. Debljina boksita u ležištima iznosi od 3 m do 40 m. Okvirni sadržaj osnovnih mineralnih komponenti u ležištima boksita na ovom području prikazan je u tablici 4-1.

Tablica 4-1. Srednji sadržaj osnovnih mineralnih komponenti (Dragičević, 1981)

MINERAL	UDIO (%)
Bemit	60,3
Kaolinit	5,5
Hematit	29,9
Anatas	0,7
Kalcit	1,5
Ostalo	1,4

U mineraloškom smislu ležišta boksita sa promatranog područja pripadaju bemitskom tipu, što je vidljivo po visokom sadržaju bemita i niskom sadržaju kaolinita koji određuju tip boksita. U tablici 4-2 prikazani su kemijski spojevi koji izgrađuju ležište boksita, te njihov prosječni sadržaj. Kvaliteta boksita se odražava s visokim sadržajem Al_2O_3 i niskim sadržajem SiO_2 .

Tablica 4-2. Prosječni sadržaj kemijskih spojeva (Dragičević, 1981)

SADRŽAJ	UDIO (%)
Al_2O_3	58,50
SiO_2	1,15
Fe_2O_3	23,10
TiO_2	2,50
CaO	1,0
Gubitak žarenjem	11,40

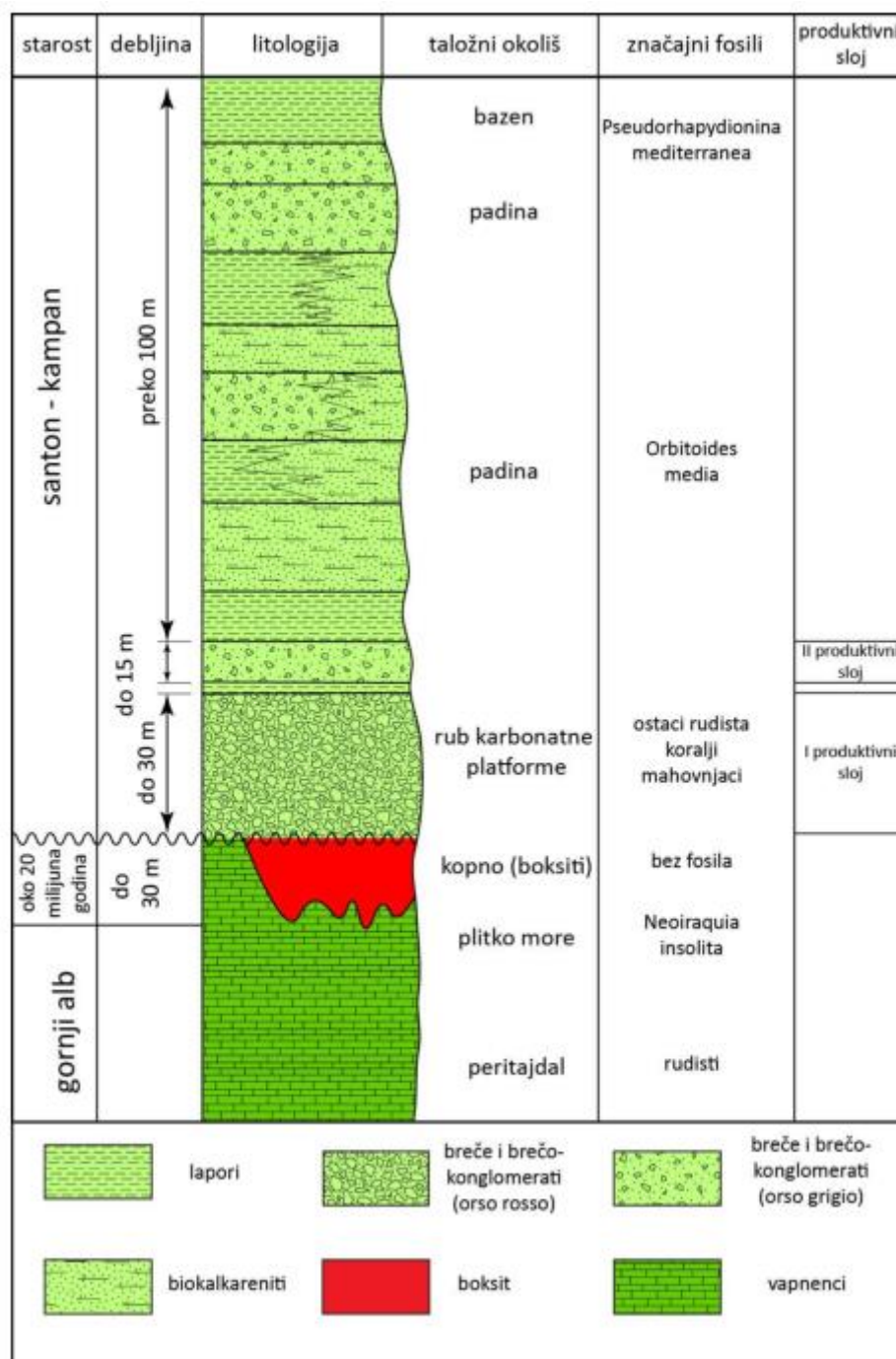
4.2. Arhitektonsko-građevni kamen

Na promatranom području krovina i podina ležišta boksita zanimljivi su kao sirovina za dobivanje a-g kamena, te su istraživanjem i eksploatacijom boksita i one dobro istražene. Podina, kao i krovina, po svojoj genezi pripada ležištima sedimentnog ciklusa. Podinu predstavljaju debeli masivni slojevi plitkovodnih vapnenaca koji su istaloženi u završnim sekvencijama debelog sedimentnog slijeda donjokrednih vapnenaca na sjevernom rubu prostrane Jadranske karbonatne platforme. Nakon toga uslijedila je kopnena faza (emerzija, diskordancija) na sjevernom rubu karbonatne platforme. Brojna ležišta boksita koja leže na vapnenačkom paleoreljefu svjedoče o dugom trajanju kopnene faze (oko 20 milijuna godina). Preko krednog paleoreljefa i ležišta boksita naliježe debela serija pretežito karbonatnih klastita poznatih i pod nazivom fliš, te oni predstavljaju krovinu ležišta boksita. Oni su istaloženi u bazalnom dijelu debelog sedimentacijskog slijeda senonske starosti i leže transgresivno i blago diskordantno (do 5°) preko plitkovodnih marinskih karbonata najmlađe donje krede. No, ovdje treba istaknuti da će se eksploatacija a-g kamena odvijati samo u onim područjima gdje je krovina ležišta a-g kamena erodirana, te imamo direktan pristup ležištu a-g kamena.



Slika 4-4. Ležište a-g kamena na Crvenim stijinama (Dragičević i dr., 2016)

Na slici 4-4 prikazano je otkriveno ležište a-g kamena na lokalitetu Crvene stijene prije početka eksploatacije a-g kamena. Ležište se nalazi iznad kontaktne plohe tj. u krovini. Detaljnim terenskim istraživanjem ovog ležišta ustanovljena su dva glavna produktivna sloja koja će se eksploatirati kao a-g kamen. Na slici 4-5 prikazan je litostratigrafski stup područja Crvenih stijena na kojem su označeni produktivni slojevi.



Slika 4-5. Shematski litostratigrafski stup područja Crvenih stijena (Dragičević i dr., 2015)

Prvi produktivni sloj (hipsometrijski i stratigrafski niže položen) predstavljen je krupnozrnatim karbonatnim brečama svijetlo crvene do roze boje koje se dobro vide u probnoj galeriji prikazanoj na slici 4-6. Klasti breča dobiveni su od podinskih vapnenaca, te rjeđe od fragmenata školjkaša (rudista). Vapnenačkim klastima veličina varira od centimetarskih do metarskih dimenzija. Pretežito su uglati ili slabo zaobljeni, što ukazuje na vrlo kratak transport ili da transporta nije ni bilo. Međuprostori između fragmenata vapnenaca su vrlo dobro ispunjeni karbonatnim vezivom koje najčešće sadrži čestice

veliĉine pijeska do mulja. Naknadnim procesima cementacije i dijageneze je došlo do nastanka ĉvrste i homogene stijene masivnog habitusa radi ĉega je ovaj sloj i zanimljiv za eksploataciju. (Dragiĉević i dr., 2015)



Slika 4-6. IstraŹna galerija izrađena u prvom produktivnom sloju (karbonatne breĉe)

Drugi produktivni sloj je predstavljen krupozrnatim karbonatnim klastitima (karbonatne breĉe i karbonatni breĉokonglomerati). Izgrađen je uglavnom od klasti neposredne podine, a moŹe sadrŹavati i klasti drugih starijih vapnenaca, te fragmente školjaka (rudiste). Boja ovog produktivnog sloja je uglavnom u razliĉitim nijansama sive. Vapnenaĉkim klastima veliĉina varira od centimetarskih do decimetarskih dimenzija. Klasti su uglate, neznatno zaobljene do zaobljene što nam govori o vrlo kratkom do znaĉajnom transportu prije konaĉne sedimentacije. Međuprostori između fragmenata i valutica vapnenaca su vrlo dobro ispunjeni karbonatnim vezivom koje najĉešće sadrŹi ĉestice veliĉine pijeska do mulja. Naknadnim procesima cementacije i dijageneze je došlo do nastanka ĉvrste i homogene stijene masivnog habitusa radi ĉega je ovaj sloj i zanimljiv za eksploataciju. Na slici 4-7 je

prikazan zasjek u drugom produktivnom sloju kojim je izvršena probna eksploatacija ovog sloja. (Dragičević i dr., 2015)



Slika 4-7. Zasjek u drugom produktivnom sloju

Ova dva produktivna sloja su odvojena 50 cm debelim slojem glinovitog laporovitog konglomerata često s boksitičnim vezivom crvenkaste boje. Ovaj granični sloj prepoznat je na izdancima i u jezgrama bušotina, te predstavlja pouzdan reper.

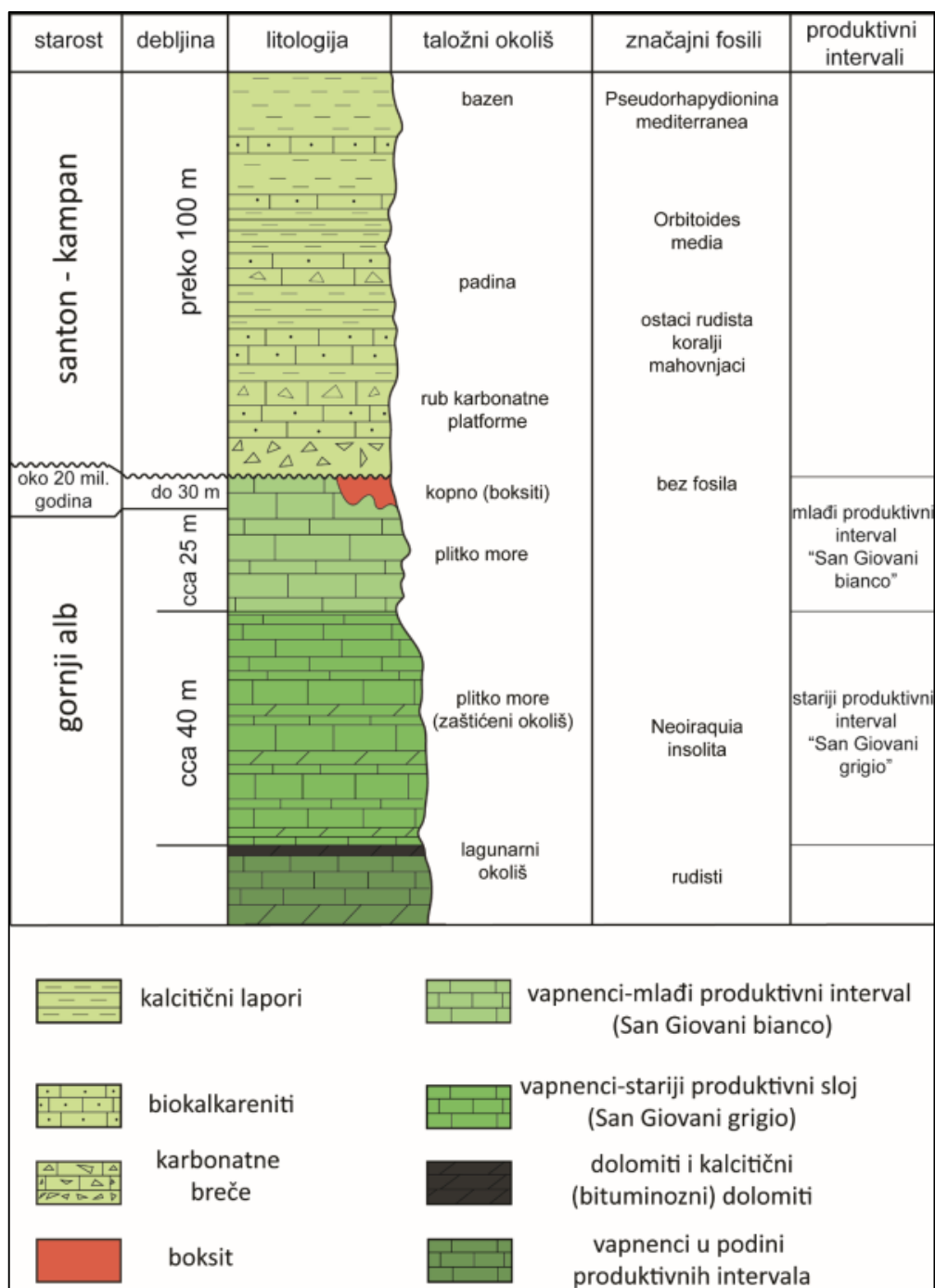
Na slikama 4-8 i 4-9 prikazan je zasjek na lokalitetu Poljane kojim je obavljena probna eksploatacija a-g kamena. Zasjek se nalazi u donjokrednim vapnencima koji stratigrafski predstavljaju podinu boksita, a potencijalno su zanimljivi kao arhitektonsko građevni kamen. Detaljnim terenskim istraživanjima i interpretacijom rezultata na lokalitetu Poljane ustanovljena su dva produktivna intervala od kojih svaki sadrži nekoliko produktivnih slojeva vapnenaca koji će se eksploatirati kao ukrasni kamen. Intervali su međusobno izdvojeni na temelju petrografskog sastava, fizičko-mehaničkih svojstava i izgleda koji je presudan kod a-g kamena. Na slici 4-10 prikazan je litostratigrafski stup lokaliteta Poljane na kojem su označeni produktivni intervali.



Slika 4-8. Zasjek u području istražnog prostora Poljane



Slika 4-9. Zasjek u području istražnog prostora Poljane



Slika 4-10. Shematski litostratigrafski stup područja Poljane (Dragičević i dr., 2016)

Stariji produktivni interval (1K_1) izgrađuju dobro uslojeni sivi do svijetlosivi plitkomorski vapnenci. Debljina ovog produktivnog intervala je oko 40 metara, a raspon debljina slojeva varira od desetak centimetara do preko 2 metra. Deblji slojevi predstavljaju produktivne slojeve i često sadrže brojne fosilne ostatke kao što su cijele ljušture i fragmenti primitivnih rudista, drugih školjkaša i puževa. Tanji slojevi i proslojci ranodijagenetskog dolomita su rijetki. Na slici 4-11 je prikazana ispolirana ploča dobivena iz ovog intervala na kojoj se vide

dobra dekorativna svojstva i znakovita siva boja zbog koje je komercijalni naziv ovog intervala je San Giovanni grigio. (Dragičević i dr., 2016)



Slika 4-11. Ispolirana ploča a-g kamena „San Giovanni grigio“

Mlađi produktivni interval (2K_1) izgrađuju dobro uslojeni plitkomorski vapnenci, koji su u starijim dijelovima ovog intervala svijetlosivi do bijeli, a u najmlađim dijelovima svijetloružičasti. Ovaj interval je istaložen konkordantno i kontinuirano na stariji produktivni sloj. Debljina mu je oko 25 metara, dok raspon debljine slojeva varira od tridesetak centimetara do preko 2 metra. Kao i kod prvog produktivnog intervala deblji slojevi su produktivni i redovito sadrže fosilne ostatke. Na slici 4-12 je prikazana ispolirana ploča dobivena iz ovog intervala na kojoj se vide dobra dekorativna svojstva i znakovita svijetlosiva do bijela boja zbog koje je komercijalni naziv ovog intervala San Giovanni bianco. (Dragičević i dr., 2016)



Slika 4-12. Ispolirane ploče a-g kamena „San Giovanni bianco“

5. MODELIRANJE POSTOJEĆEG STANJA

U novije vrijeme se, zahvaljujući razvoju računalne tehnike, u rudarstvu sve više koriste namjenski programi za grafički dizajn. Osim upotrebe u rudarstvu primjenjuju se i u arhitekturi, građevini te u mnogim drugim tehničkim disciplinama. Ovi programi u rudarstvu služe za trodimenzionalni prikaz rudarskih zahvata u prostoru i za izradu postojećeg stanja. Daju mnogo jasniju sliku nego dvodimenzionalni prikaz na papiru koji je i iskusnom promatraču teško predočiv u trodimenzionalnom obliku. U ovom diplomskom radu korišten je Bentley-ev program Power InRoads. Power InRoads namjenski je program za grafičku obradu podataka kojim možemo izraditi dvodimenzionalni i trodimenzionalni prikaz, proračun obujma i površine (Galić i Farkaš, 2011).

Modeliranje postojećeg stanja obuhvaća izradu modela terena, kontaktne plohe i rasjeda na boksitonosnim lokalitetima Skakavac, Crvene Stijene i Poljane. Pri izradi ovih modela korištene su situacijsko-geološke karte lokaliteta Skakavac, Crvene Stijene i Poljane. Za modeliranje rasjednih ploha koristi se alat „Surfaces“ i njegova naredba „Create Freeform Surfaces“, a za izradu modela terena i kontaktne plohe korišteni su Power InRoads alati koji služe za triangulaciju čiji se proces izvođenja sastoji od četiri koraka:

Prvi korak triangulacije stvaranje je nove površine u InRoads-u koristeći naredbu „New“ u glavnom izborniku InRoads-a. Ovom radnjom smo dali ime površini koju želimo triangulirati.

Drugi korak je otvaranje naredbe „Import Surface“ koja koristi pri unošenju ulaznih podataka za triangulaciju. Unutar nje nalazi se naredba „Load From“ u kojoj su ponuđene opcije „Single Element“, Fence“ i „Level“ ovisno o tome da li želimo unijeti elemente koji su označeni sa naredbom „Element Selection“, elemente koji su označeni pomoću naredbe „Fence“ ili elemente koji se nalaze unutar odabranog levela.

Treći korak je aktiviranje procesa triangulacije. Izvodi se tako da se u glavnom izborniku InRoads-a odabire naredba „Surface“ te potom njezina podnaredba „Triangulate Surface“. Nakon što to učinimo otvara se novi prozor u kojem za aktiviranje procesa triangulacije treba pritisnuti naredbu „Apply“.

Zadnji korak je prikaz triangulirane površine koji se izvodi pomoću podnaredbe „View Surface“ koja se nalazi unutar naredbe „Surface u glavnom InRoads izborniku. Unutar ove podnaredbe mogu se odabrati opcije „Triangles“, Gridded Model“ i “Perimeter“. Navedene

opcije omogućuju prikaz triangulirane površine trokutima, kvadratnom mrežom, te prikaz samog ruba površine.

Nakon izrade trodimenzionalnog modela ponuđena je opcija renderiranja kojom se dobije kvalitetniji prikaz modela. Postupak renderiranja predstavlja ispunjavanje trokutića bojom tako da se dobije zaglađena površina. Kako bi se izradio što realniji i bolji prikaz terena omogućena je i simulacija odsjaja sunca ovisno o položaju plohe na koju padaju zrake.

Treba napomenuti da su ulazni podaci za triangulaciju s područja Poljane preuzeti od kolege Mihaljevića (2016). Preuzete su podignute slojnice, ceste i ostali elementi terena koji su iskorišteni pri triangulaciji modela terena, te su preuzeti kružići koji predstavljaju visinu kontaktne plohe u pojedinoj bušotini koji su koristili za izradu modela kontaktne plohe. Od kolege Mihaljevića su također preuzeti rasjedi s lokaliteta Poljane.

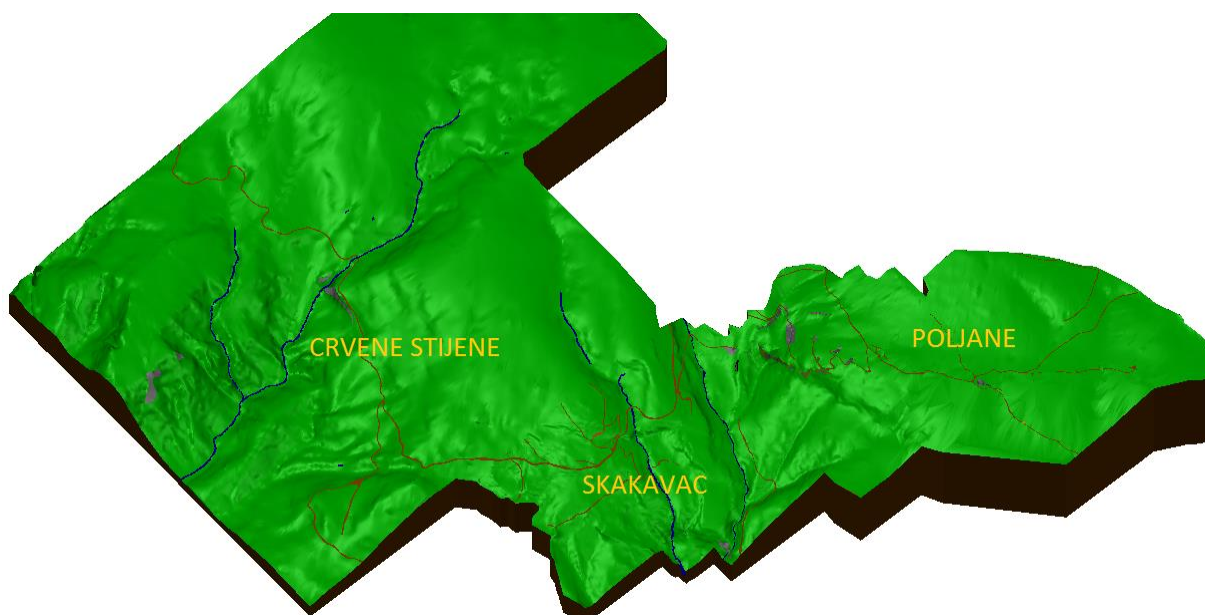
5.1. Modeliranje terena

Za izradu modela postojećeg stanja potrebne su topografske karte odgovarajućeg područja koje je za rad u Power InRoads-u potrebno skenirati (ako nisu obrađene u digitalnoj formi), a onda i geokodirati. Nakon toga potrebno je ucrtati slojnice pomoću alata „B-spline by Points“ koji se nalazi na alatnoj traci za crtanje. Ovaj alat je najpogodniji za izvlačenje iskrivljenih slojnica terena. Pošto su sve slojnice iscertane u 2D-u potrebno ih je dignuti u prostor na odgovarajuću visinu (3D). Taj postupak izvodi se pomoću aplikacije MODZ. Za korištenje ove aplikacije potrebna je aktivacija, koja se izvodi tako da se u glavnom izborniku odabere opcija „Utilities“ a potom „MDL Applications“. Nakon aktivacije otvara se novi prozor u kojem se odabire MODZ. U prozor aplikacije „MODZ“ upisuje se odgovarajuća nadmorska visina te odabirom odgovarajuće slojnice i pritiskom „Single“ u prozoru aplikacije odabrana slojnica se podiže na upisanu nadmorsku visinu. Nakon što su sve slojnice podignute u prostoru za odgovarajuću nadmorsku visinu dobiva se trodimenzionalni model terena.

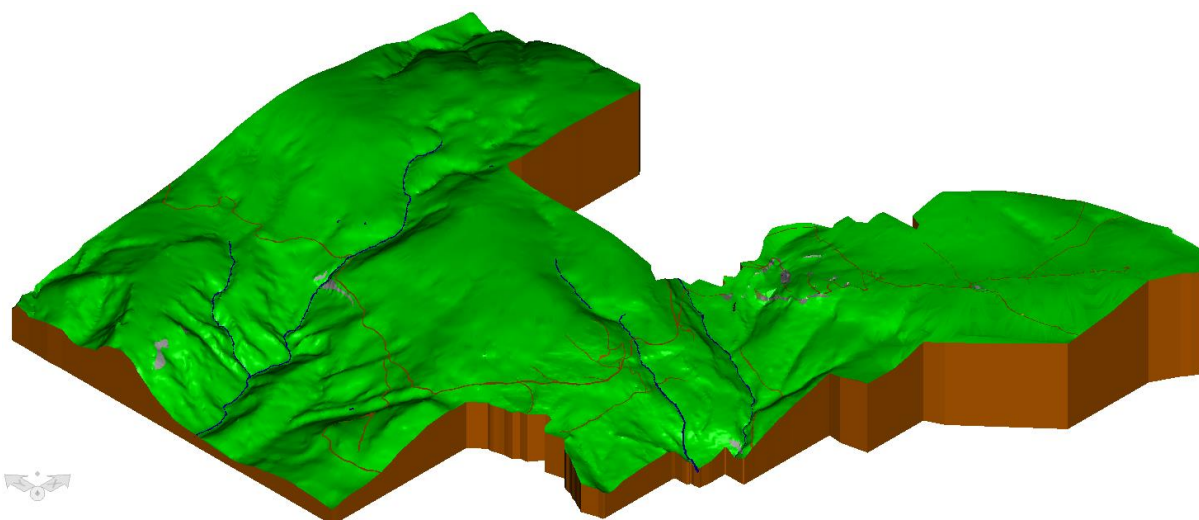
Sljedeći korak je triangulacija terena kojom će se dobiti vjerodostojniji i kvalitetniji trodimenzionalni model terena. Triangulacija je proces stvaranja površine pomoću trokuta koji spajaju znakovite točke u prostoru. Ovaj 3D model kasnije se koristiti za izradu rasjeda, ulaza u podzemne prostorije, površinskih kopova i cesta.

Nakon trianguliranja površine terena pomoću Power InRoads alata i njegove naredbe „Drape Surface“ ostali elementi terena (vode, ceste, stijene, postojeći površinski radovi,...) zalijepe se na njegovu površinu. Površine treba urediti tako da renderiranjem modela terena dobijemo što bolji prikaz ovih elemenata, a to možemo postići njihovom triangulacijom ili pomoću grupe alata za izradu površina („Surfaces“).

Na slikama 5-1 i 5-2 može se vidjeti model terena promatranog područja na kojem su osim površine terena prikazane ceste, vode, izdanci stijena i površinski radovi.



Slika 5-1. Renderirani prikaz triangulirane površine terena promatranog područja

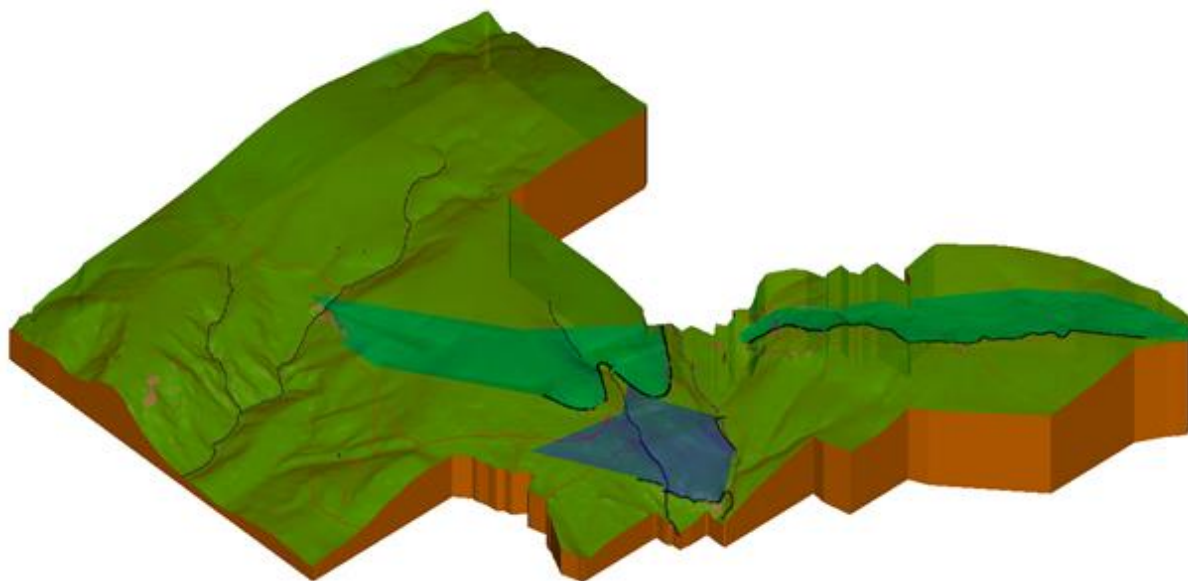


Slika 5-2. Renderirani prikaz triangulirane površine terena promatranog područja

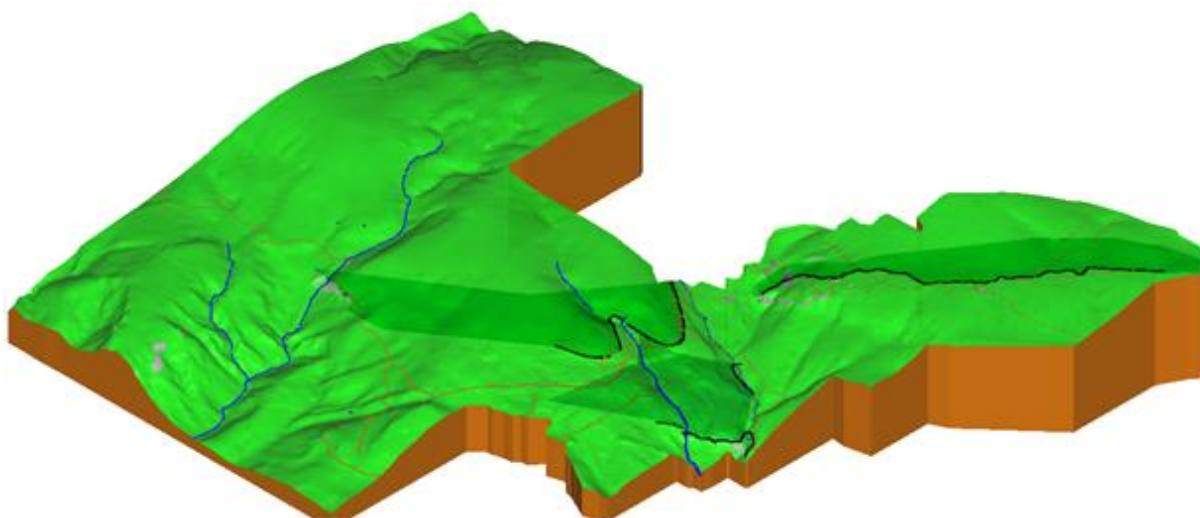
5.2. Modeliranje kontaktne plohe

Za izradu trodimenzionalnog modela kontaktne plohe korištena je situacijsko-geološka karta odgovarajućeg područja na kojoj su bile ucrtane pozicije bušotina. To su bušotine koje su izrađene u svrhu istraživanja boksita. Na temelju logova bušotina, koji su dobiveni interpretacijom izvađenih jezgri, dobivene su dubine kontaktne plohe na mjestima pojedinih bušotina. Nakon toga u Power InRoads-u, pomoću aplikacije „MODZ“, postavljeni su kružići koji označavaju pozicije pojedinih bušotina na visini koja odgovara visini kontaktne plohe. Kada su obrađene sve bušotine i postavljeni kružići, daljnji postupak uključuje izradu modela kontaktne plohe tj. njenu triangulaciju. Na temelju kružića i granica kontaktnih ploha koje su ucrtane na dobivenoj geološko-situacijskoj karti može se zaključiti da je došlo do prekida u kontaktnoj plohi. Na području lokaliteta Skakavac došlo je do spuštanja terena, pa tako i kontaktne plohe po rasjedu, dok se područje lokaliteta Crvene stijene i Poljane izdiglo po istom. Iz tog razloga spuštenu dio kontaktne plohe na području lokaliteta Skakavac zasebno se triangulira. Ostatak kontaktne plohe triangulira se zasebno u dva dijela. Jedan dio predstavlja kontaktnu plohu na području lokaliteta Crvene stijene, a drugi na području lokaliteta Poljane. Podjela je napravljena jer između navedena dva dijela nema bušotina pomoću kojih bi odredili poziciju kontaktne plohe. Da bi se započela triangulacija pojedinih dijelova kontaktne plohe potrebno je kružiće rasporediti u tri različita levela, ovisno o njihovoj pripadnosti pojedinom dijelu kontakte plohe, jer podatke potrebne za triangulaciju unosimo preko levela. Podaci potrebni za triangulaciju kontaktne plohe su pozicije kružića tj. njihova geografska dužina i širina, te nadmorska visina.

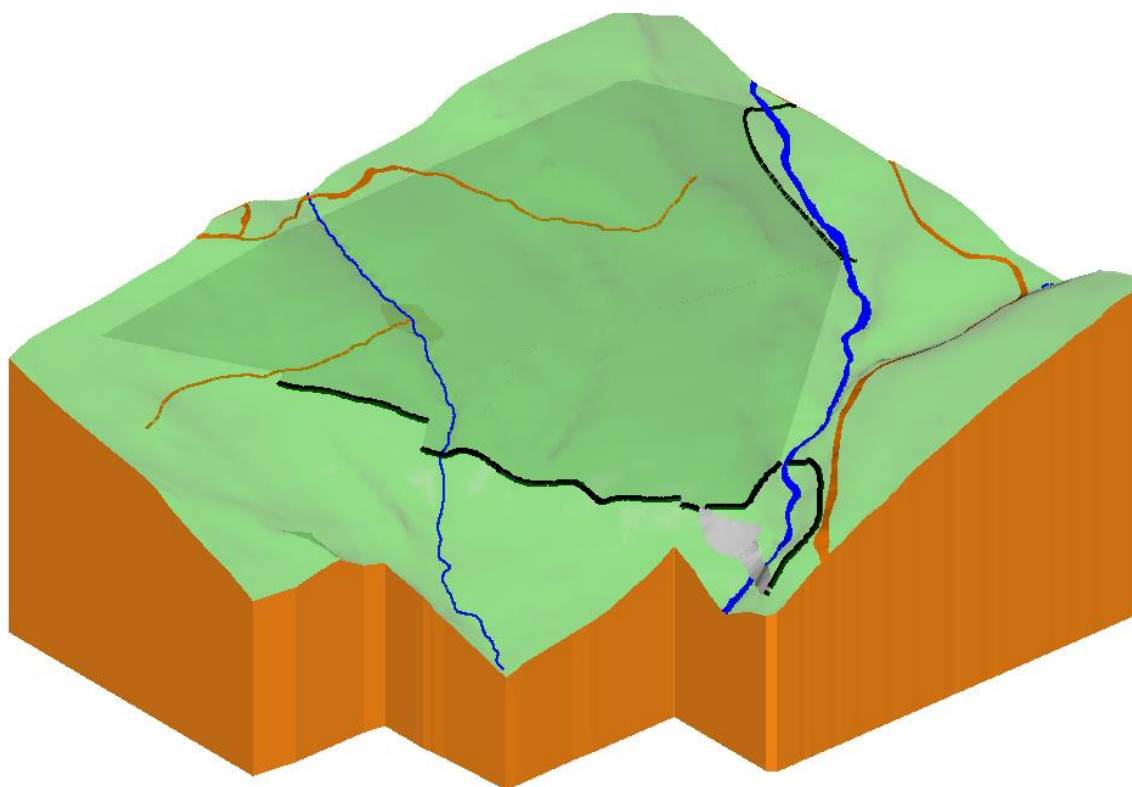
Nakon triangulacije svih dijelova kontaktne plohe na promatranom području prikaz se može renderirati, a time se dobiva jasnija slika o položaju kontaktne plohe kao što je prikazano na slikama 5-3 i 5-4. Na slici 5-5 prikazana je kontaktna ploha na lokalitetu Skakavac.



Slika 5-3. Renderirani prikaz površine terena i kontaktne plohe



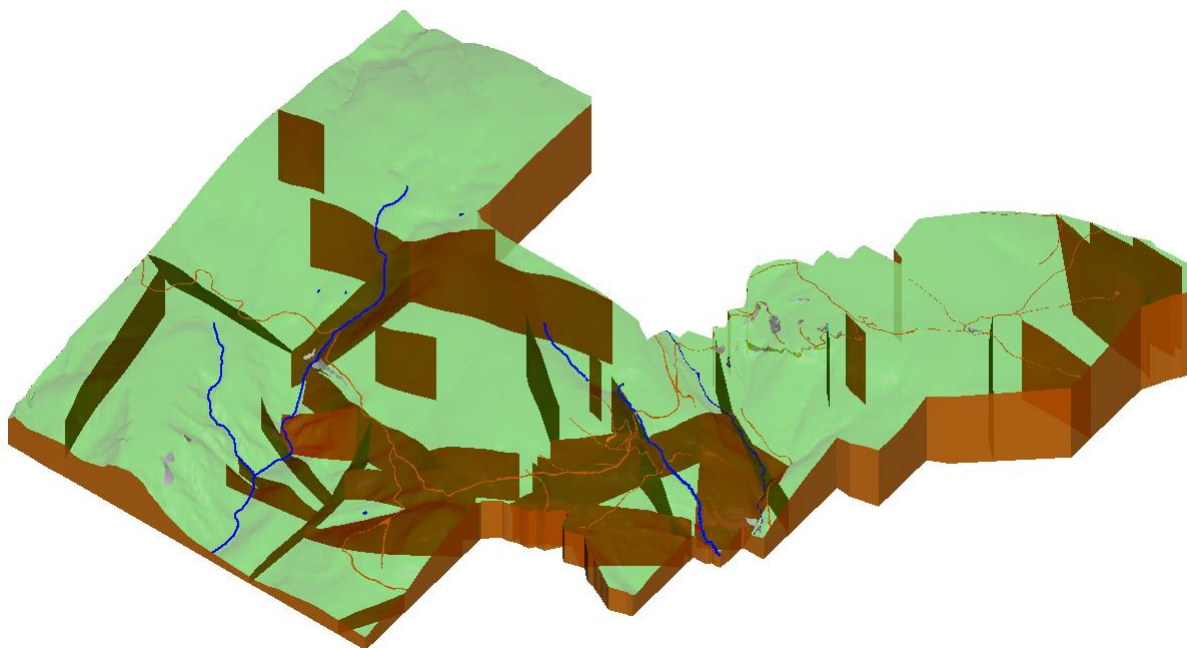
Slika 5-4. Renderirani prikaz površine terena i kontaktne plohe



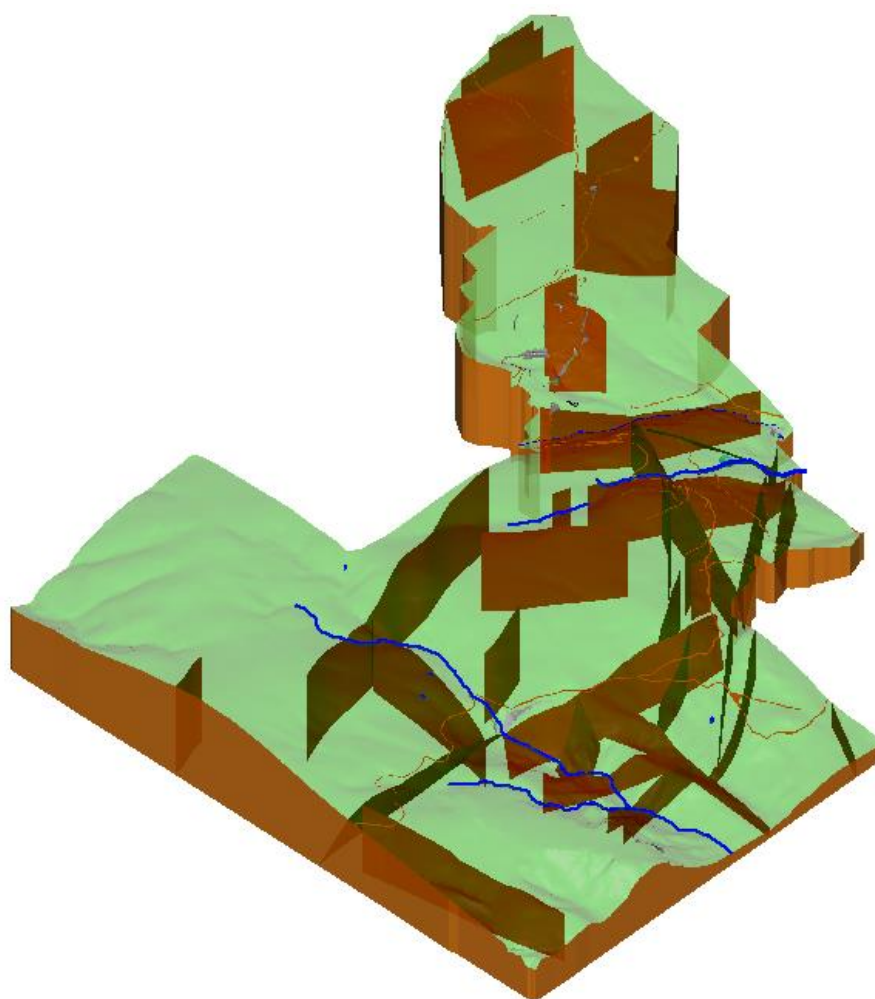
Slika 5-5. Renderirani prikaz terena i kontaktne plohe na lokalitetu Skakavac

5.3. Modeliranje rasjednih ploha

Za modeliranje rasjednih ploha potrebna je situacijsko-geološka karta odgovarajućeg područja na kojoj su prikazani rasjedi. Crte koje prikazuju rasjede potrebno je podići na neku referentnu visinu, a potom ih „zalijepiti“ na površinu terena koji je prethodno trianguliran. Rasjedi će se „zalijepiti“ na površinu terena pomoću Power InRoads Commands, točnije pomoću njegove opcije „Drape Surface“ koja se nalazi u podnaredbi „Desing Sufrace“, unutar naredbe „Surface“. Odabirom opcije „Drape Surface“ otvori se prozor u kojem se pod naredbom „Destination Surface“ odabire površina terena, a u naredbi „Input Mode“ odabire se „Level“ pošto se rasjedi nalaze unutar istog levela. Nakon toga pomoću alata „Sufraces“ i njegove naredbe „Create Freeform Surfaces“ potrebno je izraditi rasjedne plohe. Napravljeni rasjedi na području Crvenih stijena i Skakavca, te rasjedi sa lokaliteta Poljane koji su preuzeti od kolege Mihaljevića prikazani su na slikama 5-6 i 5-7.



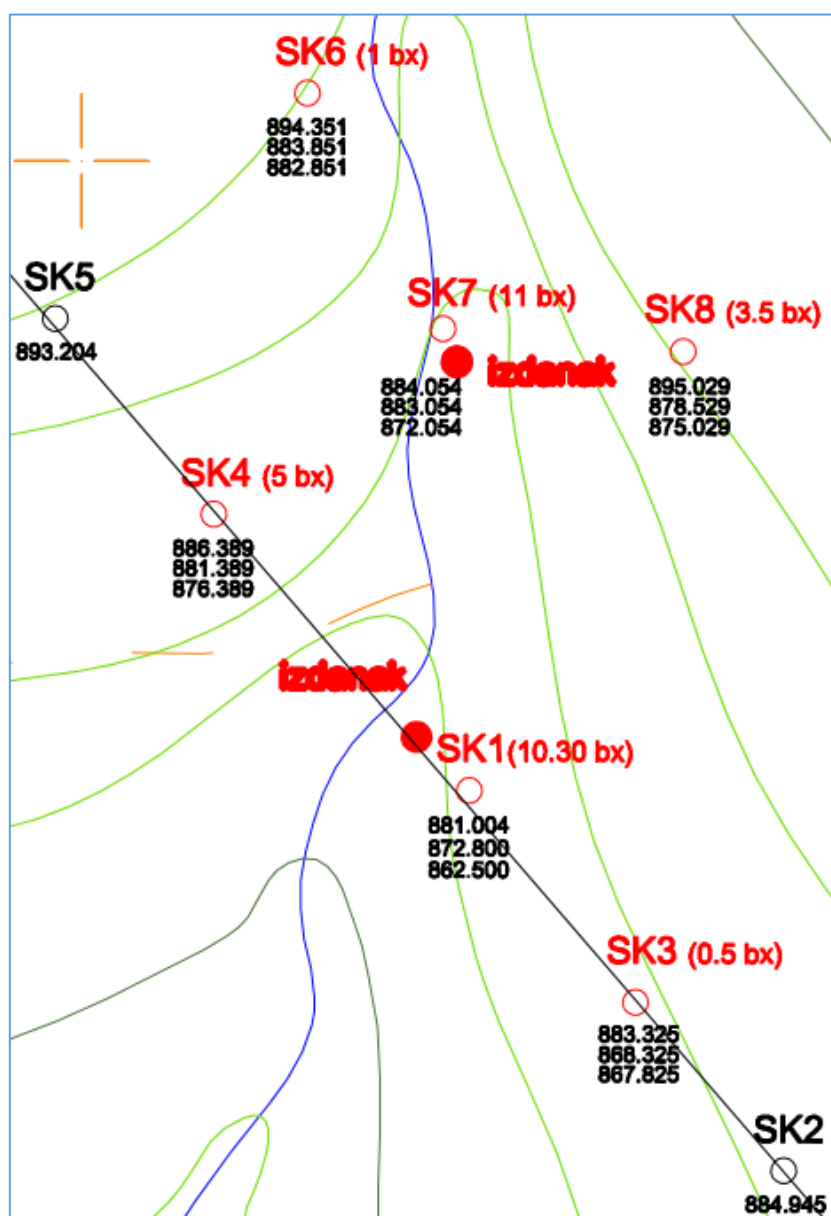
Slika 5-6. Renderirani prikaz rasjeda na promatranom području, pogled s juga



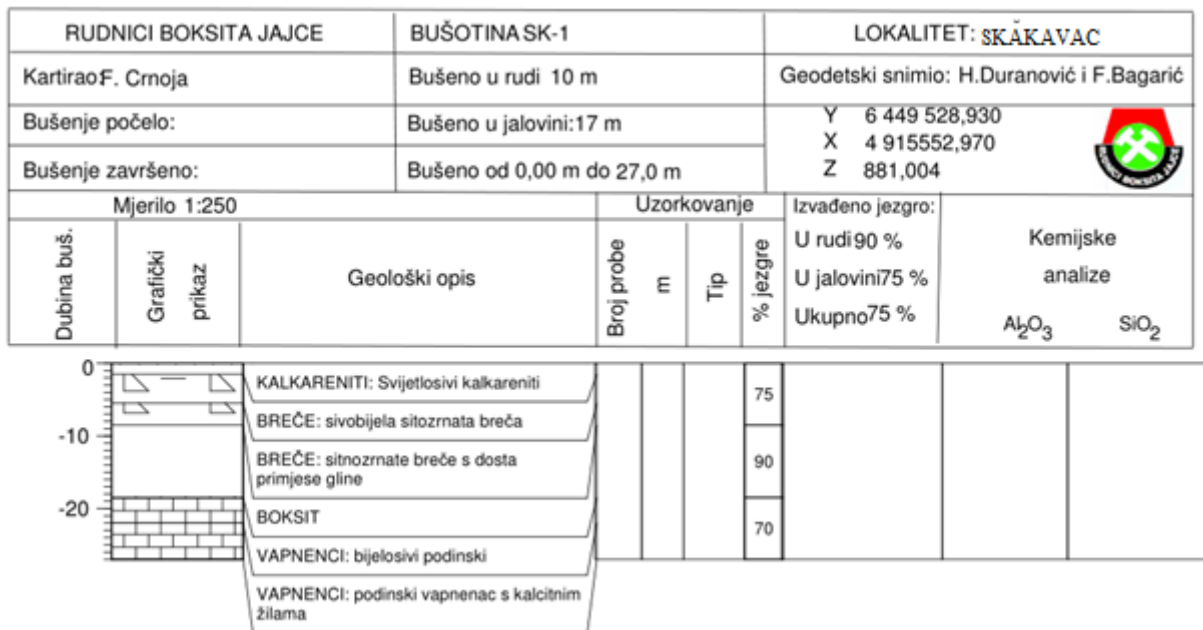
Slika 5-7. Renderirani prikaz rasjeda na promatranom području, pogled sa zapada

6. IZRADA MODELA EKSPLOATACIJE BOKSITA NA LOKALITETU SKAKAVAC

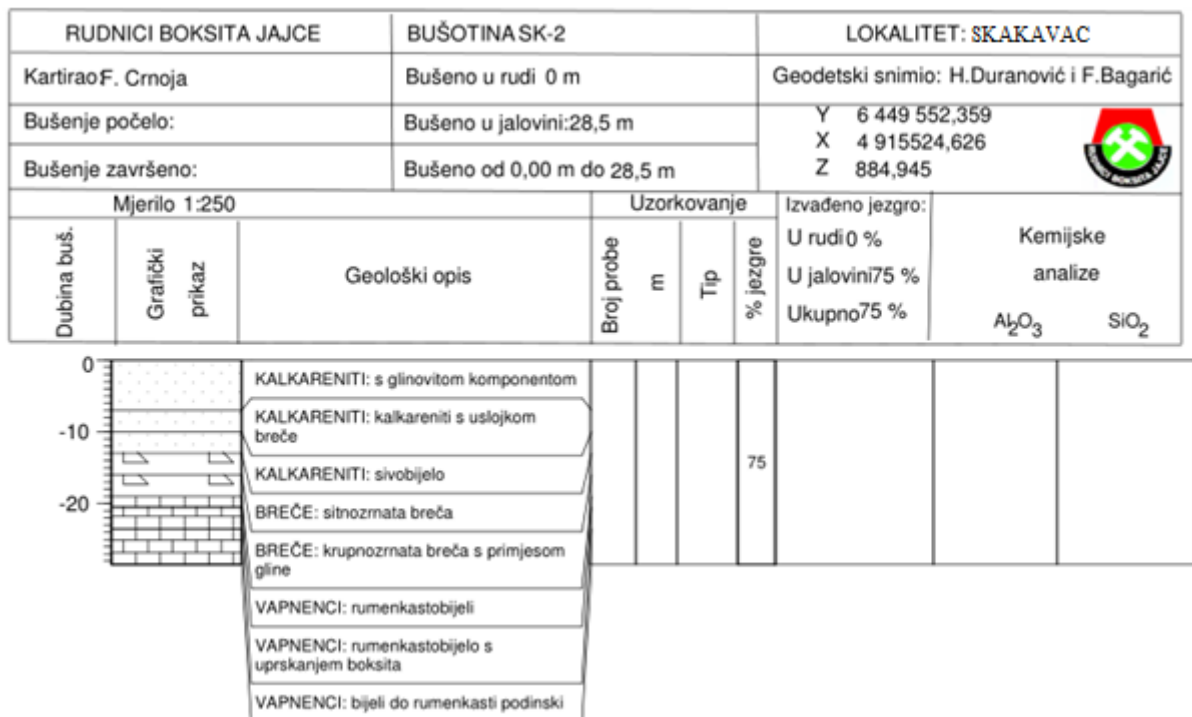
Na boksitonosnom lokalitetu Skakavac započeti su istražni radovi u svrhu eksploatacije boksita. Do sada je napravljeno osam istražnih bušotina, a sa šest bušotina je nabušen boksit. Na pronađenom ležištu se još uvijek izvodi istražno bušenje jer je, prema pravilima struke potrebno potpuno okonturiti ležište. No, zbog ograničenog vremena napravljen je model temeljem poznatih podataka o ležištu. Pozicije bušenja su prikazane na slici 6-1, a na slikama od 6-2 do 6-9 su prikazani logovi bušotina na kojima možemo očitati dubinu bušenja i debljinu pojedinih slojeva, pa tako i debljinu boksita ako je nabušen.



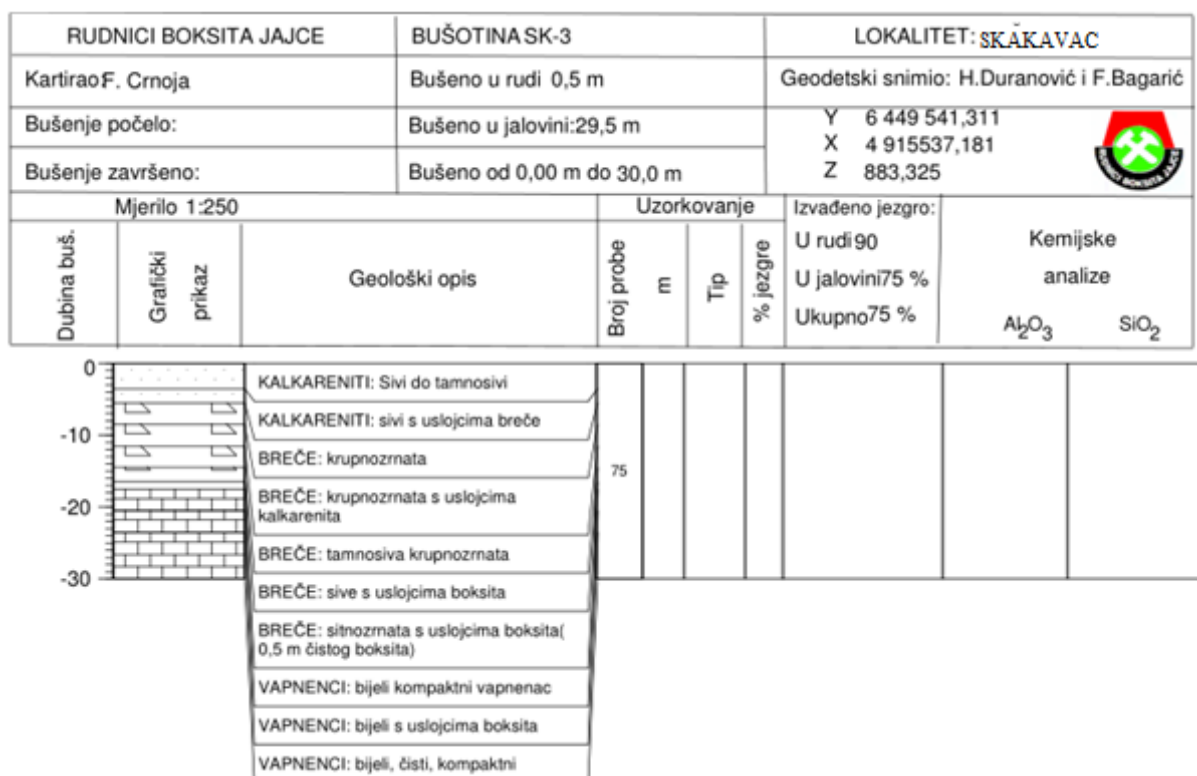
Slika 6-1. Prikaz izvedenih istražnih bušotina na lokalitetu Skakavac, M1:400



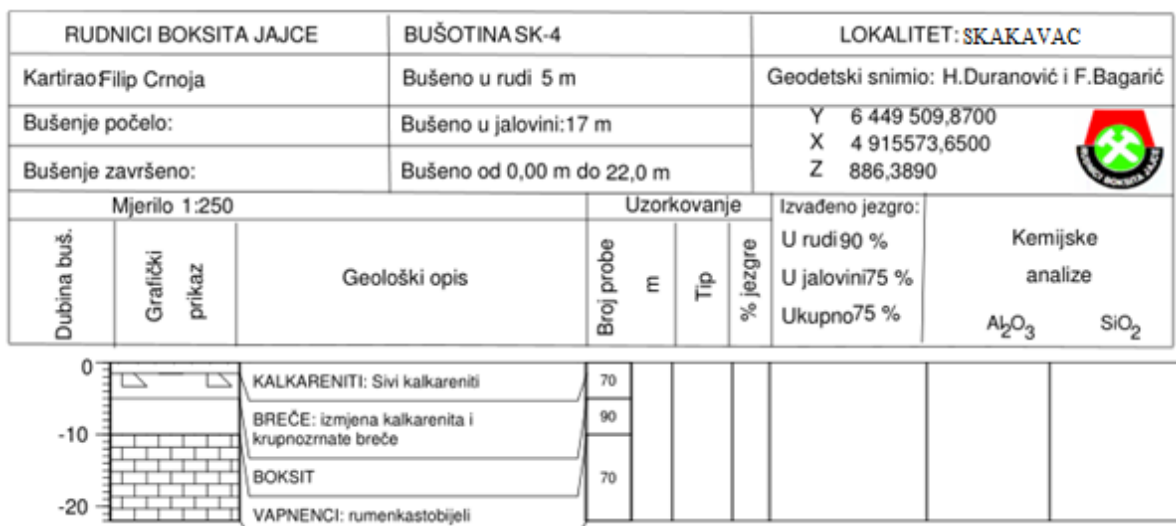
Slika 6-2. Prikaz litološkog stupa bušotine SK1



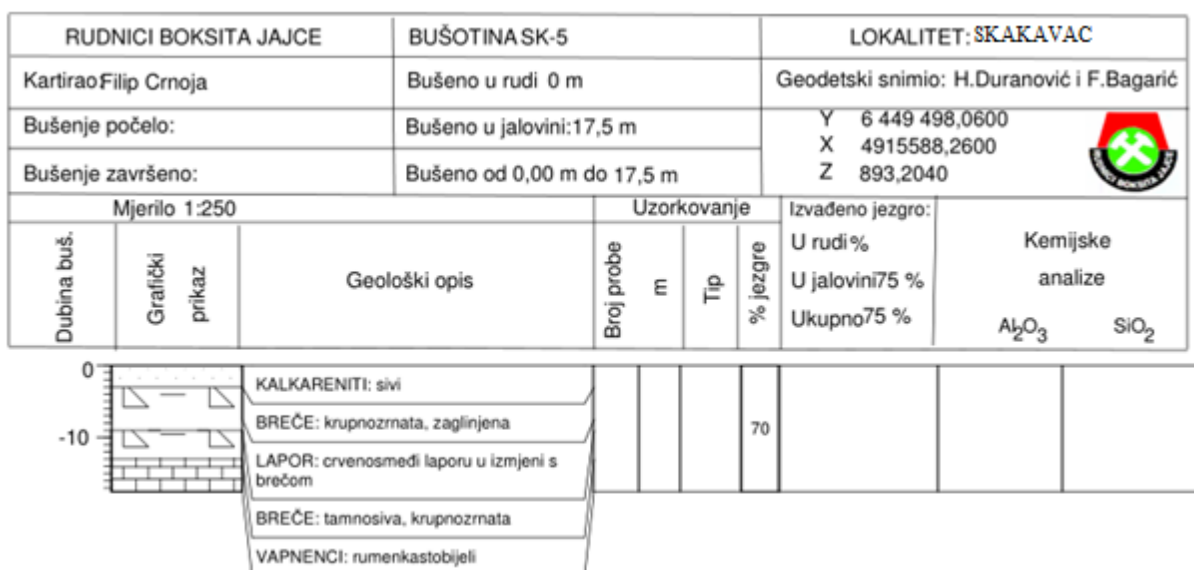
Slika 6-3. Prikaz litološkog stupa bušotine SK2



Slika 6-4. Prikaz litološkog stupa bušotine SK3



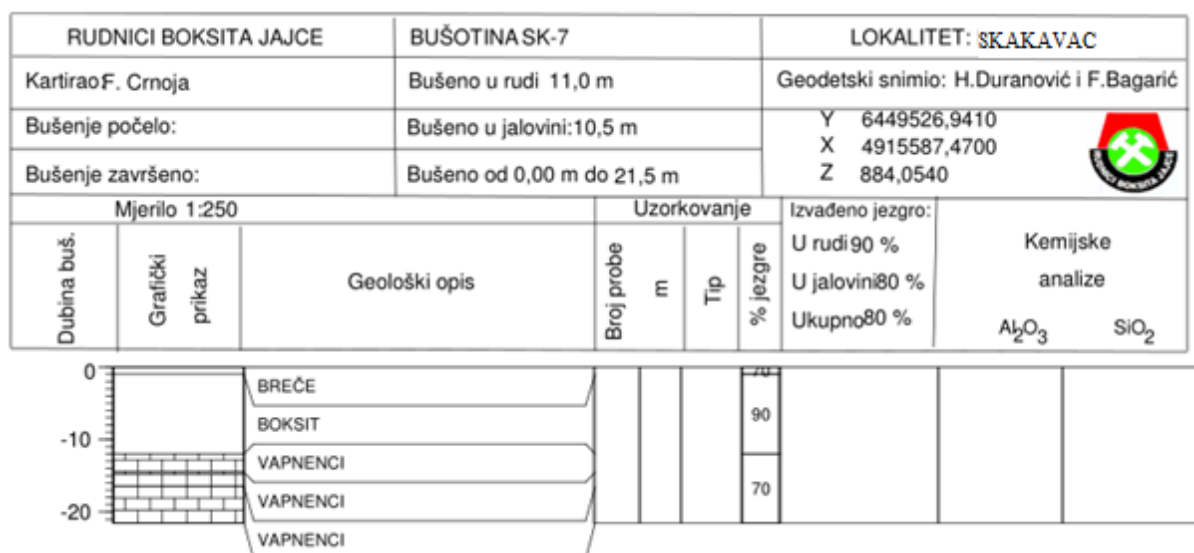
Slika 6-5. Prikaz litološkog stupa bušotine SK4



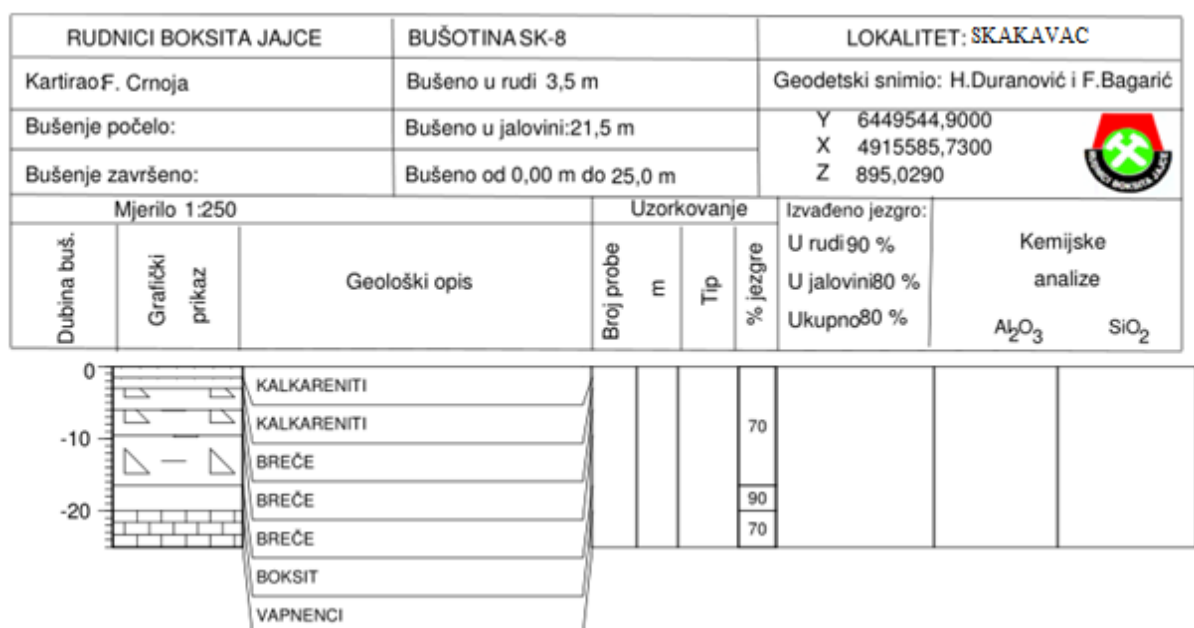
Slika 6-6. Prikaz litološkog stupa bušotine SK5



Slika 6-7. Prikaz litološkog stupa bušotine SK6



Slika 6-8. Prikaz litološkog stupa bušotine SK7



Slika 6-9. Prikaz litološkog stupa bušotine SK8

U tablici 6-1 prikazane su koordinate i nadmorska visina svih bušotina, te duljina bušenja u rudi, jalovini i ukupna duljina bušenja. Iz tablice je vidljivo da je najviše boksita nabušeno u bušotini SK 7 gdje je duljina bušenja u rudi 11 m, dok u bušotinama SK2 i SK 5 nema nabušenog boksita. Ukupna duljina bušenja iznosi 194,5 m od čega je 31,0 m bušeno u rudi. Treba napomenuti da se radi o prividnoj debljini boksita jer je ležište nagnuto te se prava debljina može dobiti računski iz podataka o nagibu kontaktne plohe i navedenoj duljini nabušene jezgre boksita. Na istražne radove na ovom području investitora su naveli izdanci

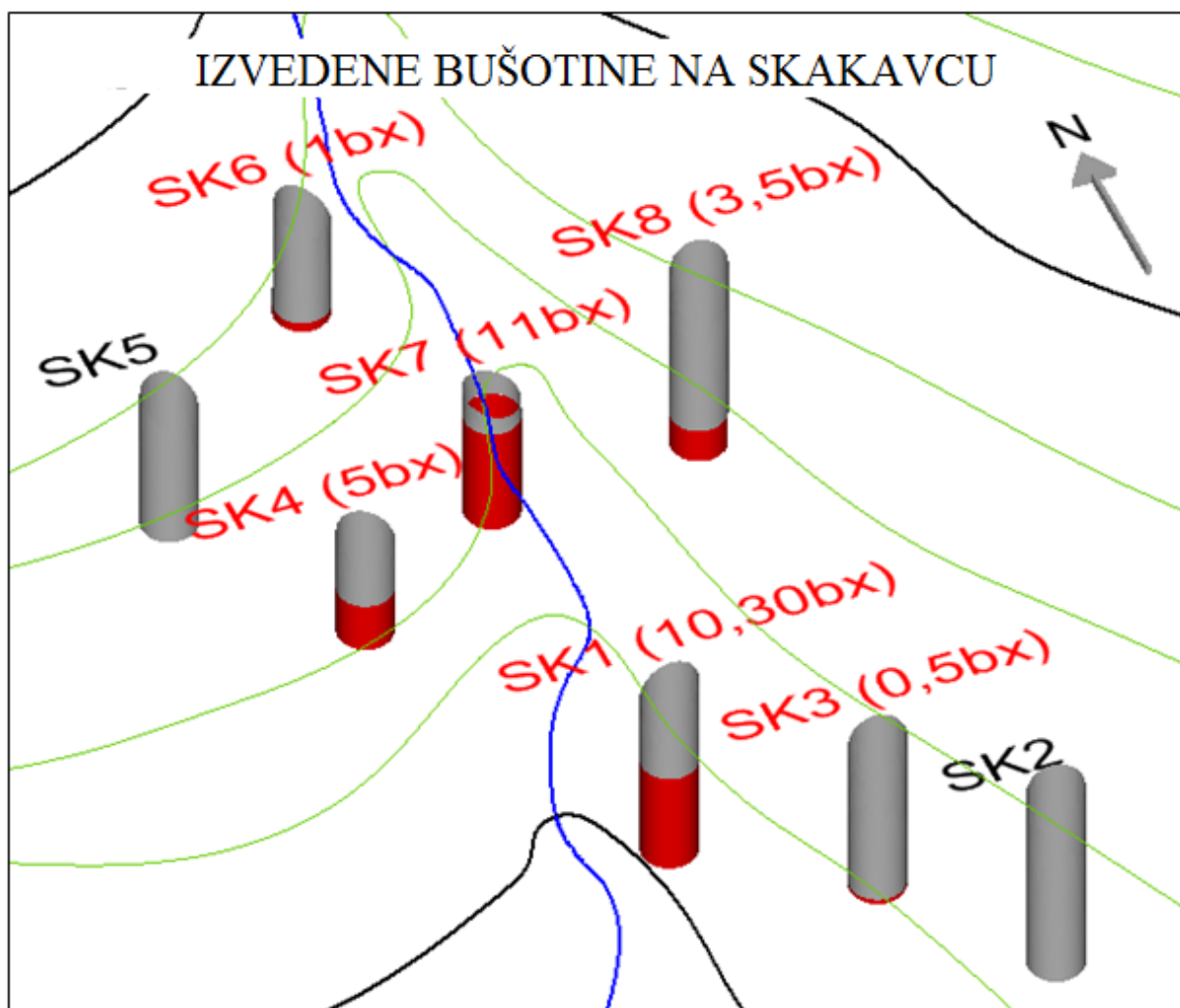
boksita koji se nalaze na ovom lokalitetu, te dobra prometna povezanost ovog područja što je veoma važno kod odabira lokacije za eksploataciju.

Tablica 6-1. Podaci o izbušenim istražnim bušotinama

Bušotina	Koordinate		Visina (m)	Bušeno u rudi (m)	Bušeno u jalovini (m)	Ukupna duljina bušenja (m)
	X	Y				
SK1	6 449 528,930	4 915 552,970	881,00	10,0	17,0	27,0
SK2	6 449 552,359	4 915 524,626	884,95	0,0	28,5	28,5
SK3	6 449 541,311	4 915 537,181	883,33	0,5	29,5	30,0
SK4	6 449 509,870	4 915 573,650	886,39	5,0	17,0	22,0
SK5	6 449 498,060	4 915 588,260	893,20	0,0	17,5	17,5
SK6	6 449 516,9066	4 915 605,102	893,99	1,0	22,0	23,0
SK7	6 449 526,941	4 915 587,470	844,05	11,0	10,5	21,5
SK8	6 449 544,900	4 915 585,730	895,03	3,5	21,5	25,0
			Σ	31,0	163,5	194,5

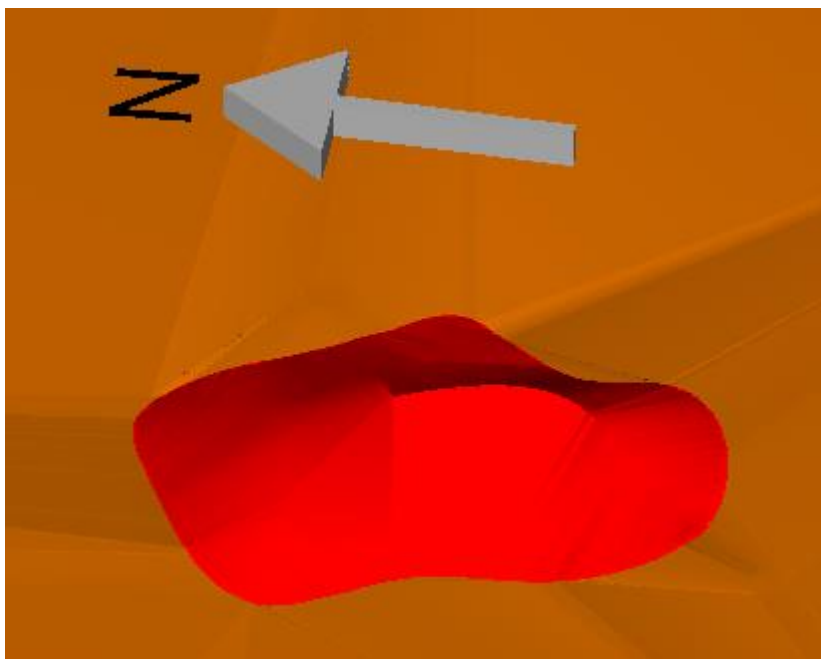
6.1. Modeliranje ležišta boksita

Model ležišta boksita na lokalitetu Skakavac napravljen je na temelju istražnih bušotina koje su prikazane na slici 6-1. Iz logova bušotina, prikazanih na slikama od 6-2 do 6-9, očitana je dubina i debljina ležišta boksita za pojedinu bušotinu. Potom se kružići koji se nalaze na koordinatama bušotina postavljaju na visine koje odgovaraju krovini i podini ležišta boksita kao što je prikazano na slici 6-10. Nakon toga se kružići koji predstavljaju krovinu spajaju izostavljajući unutrašnje točke kako bi se dobila gruba kontura rudnog tijela. Zatim slijedi ekstrapolacija rezervi do 25% maksimalne udaljenosti između istražnih radova. U smjeru pravca koji prolazi bušotinama SK3 i SK6 nije izvršena ekstrapolacija jer debljina boksita nabušena tim bušotinama iznosi 0,5 m i 1 m, kao što je vidljivo na slici 6-10, pa se može pretpostaviti da se tu nalazi kontura ležišta. Nakon obavljene ekstrapolacije može se preći na izradu završnih kontura ležišta boksita. Koristeći se naredbom za crtanje zakrivljenih linija povezujemo konturne točke ležišta te izvodimo preinake pomoću naredbi za modificiranje elemenata kako bi dobili što realnije oblikovano ležište.

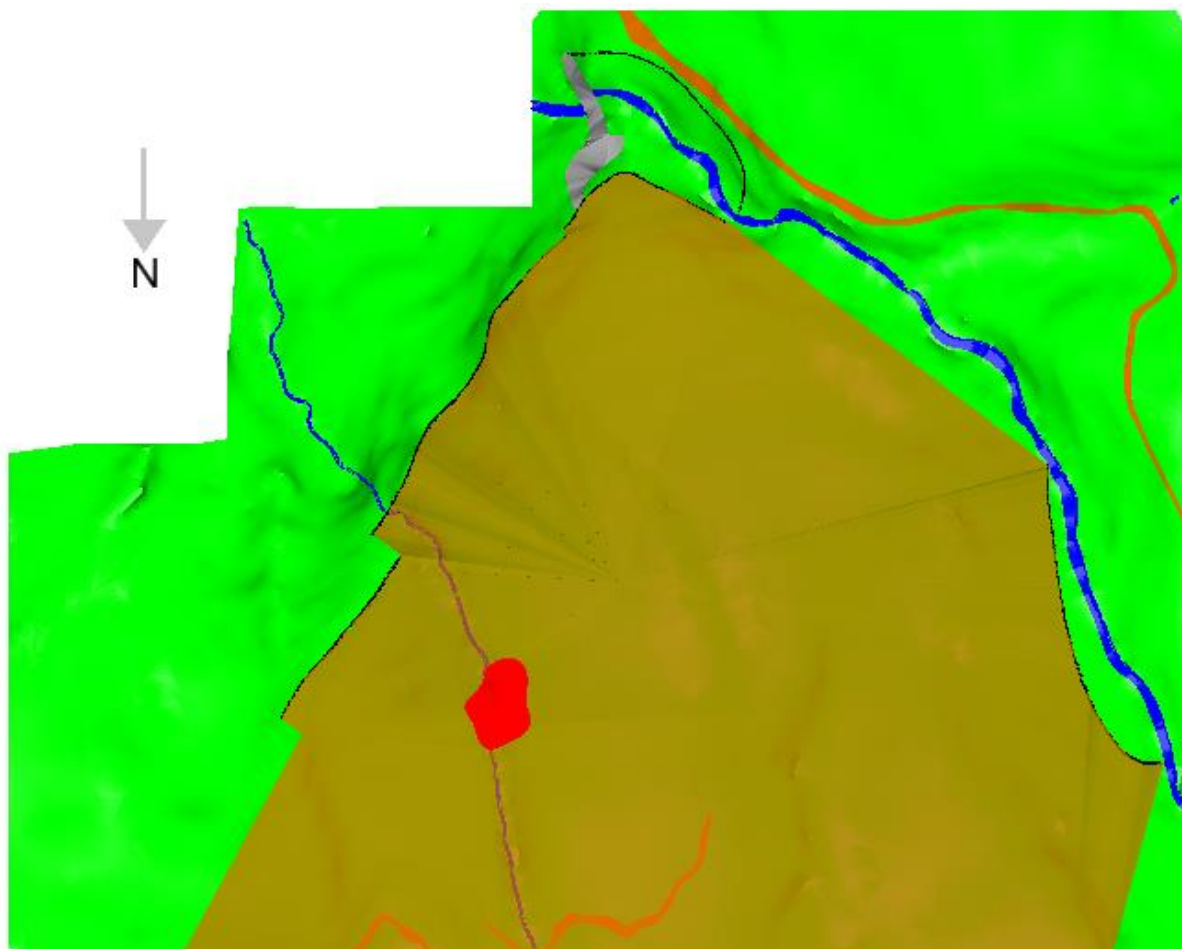


Slika 6-10. Shematski model istražnih bušotina na lokalitetu Skakavac

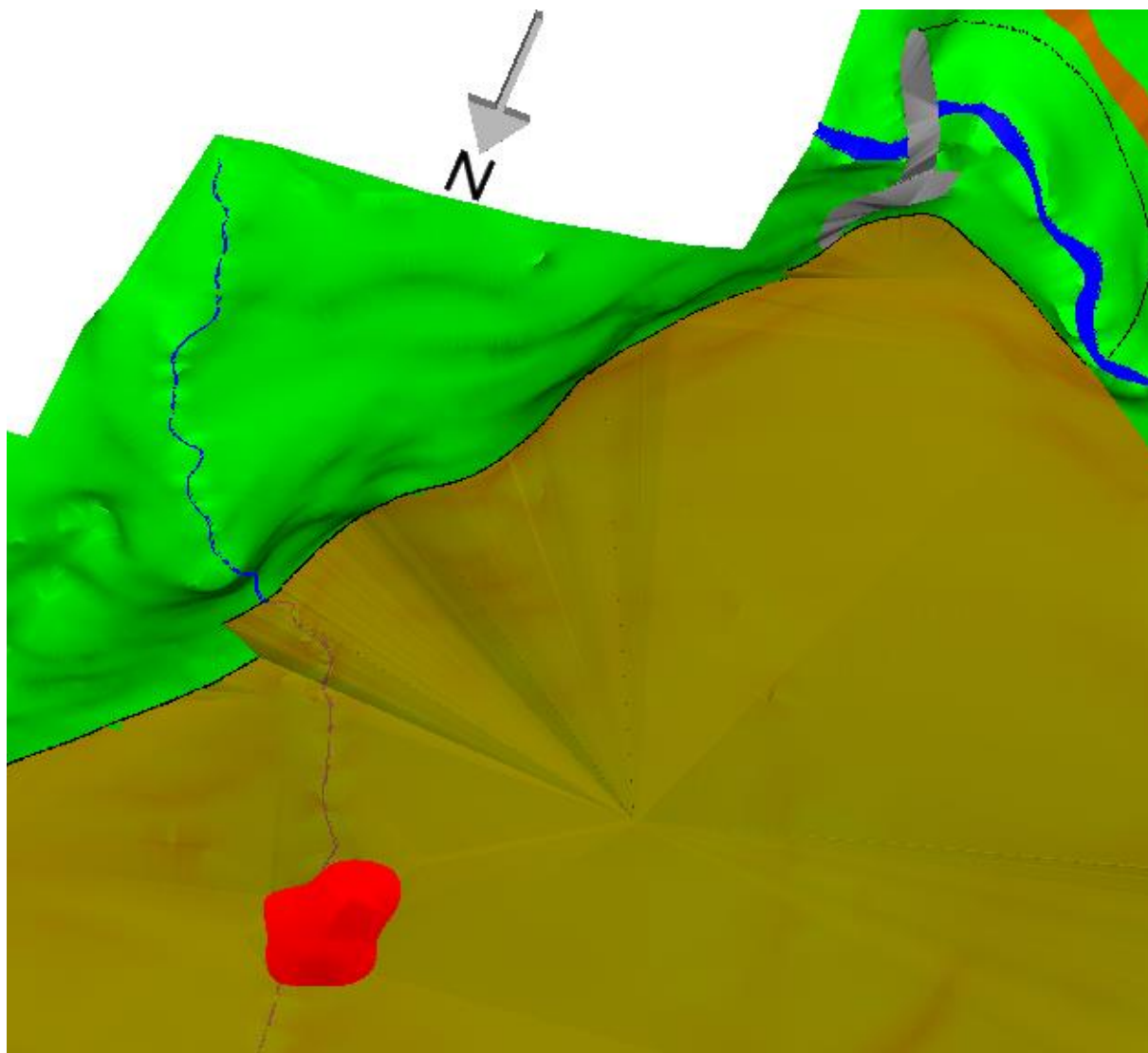
Kada se dobiju završne konture rudnog tijela može se preći na triangulaciju tj. izradu modela ležišta. Proces triangulacije je isti kao i u gore objašnjenom modeliranju postojećeg stanja. Zasebno se trianguliraju podina i krovina ležišta, a ulazni podaci su križići koji predstavljaju podinu, odnosno krovinu ležišta i dobivena završna kontura ležišta. Završna kontura ležišta služi kao ulazni podatak pri triangulaciji i za krovinu i za podinu. Izrađeni model ležišta i kontaktna ploha prikazani su na slici 6-11, dok su na slikama 6-12 i 6-13 prikazani površina terena, kontaktna ploha i ležište boksita.



Slika 6-11. Renderirani prikaz ležišta boksita i kontaktne plohe na lokalitetu Skakavac



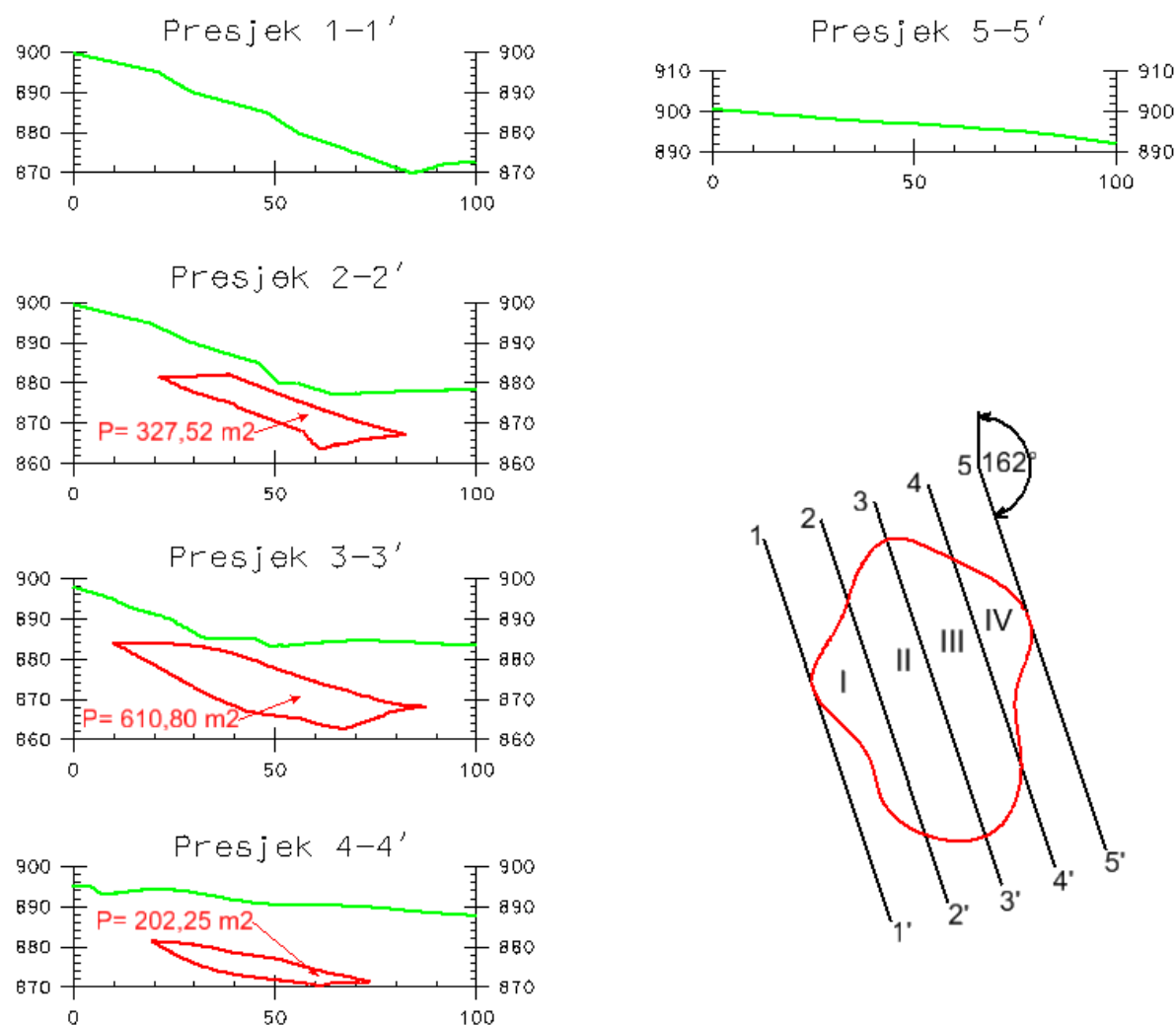
Slika 6-12. Renderirani prikaz površine terena, kontaktne plohe i ležišta boksita na lokalitetu Skakavac



Slika 6-13. Renderirani prikaz površine terena, kontaktne plohe i ležišta boksita na lokalitetu Skakavac

Nakon izrade modela ležišta boksita, u Power InRoads-u izrađeni su obračunski presjeci ležišta boksita. Presjeci su međusobno paralelni i postavljeni su u smjeru pružanja ležišta. Izrađeni presjeci i njihov položaj u odnosu na ležište prikazani su na slici 6-14. Smjer pružanja ležišta je sjeveroistok – jugozapad, a smjer nagiba ležišta je prema jugoistoku.

Pošto su presjeci postavljeni paralelno pomoću metode paralelnih presjeka jednostavno se odredi ukupni obujam ležišta. Za određivanja ukupnog obujma potrebne su površine boksita za pojedine presjeke, te razmaci između presjeka. Razmak između presjeka kao i površine boksita za pojedine presjeke mogu se izmjeriti pomoću alata za mjerenje ponuđenih u programu Power InRoads. Proračun je izveden u Excel-u, te su rezultati dobiveni ovom metodom prikazani u tablici 6-2 iz koje je vidljivo da ukupni obujam ležišta iznosi 16 053 m³.

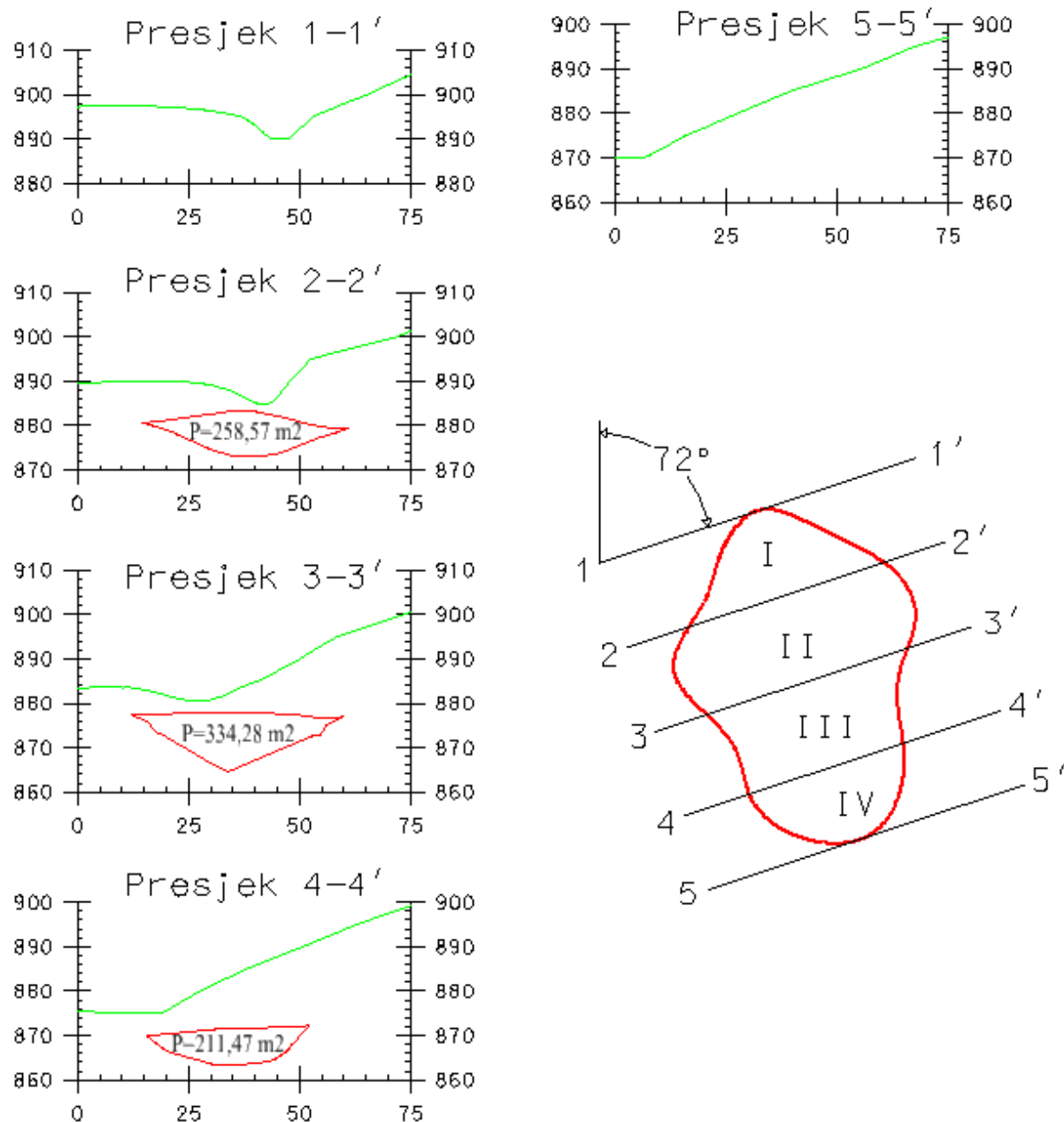


Slika 6-14. Obračunski presjeci modeliranog ležišta boksita, M1:2000

Tablica 6-2. Izračun obujma ležišta boksita metodom paralelnih presjeka

BLOK	Presjek	POVRŠINA, m ²		Udaljenost presjeka l, m	Masa m, t
		P _{pres.}	P _{sr}		
I	1-1'	0	163,76	15,0	6632
	2-2'	327,52			
II	2-2'	327,52	469,16	14,0	17734
	3-3'	610,8			
III	3-3'	610,8	406,53	14,0	15367
	4-4'	202,25			
IV	4-4'	202,25	101,13	13,3	3631
	5-5'	0			
UKUPNO					43365

Napravljen je kontrolni proračun koji je isto proveden metodom paralelnih presjeka tako da su presjeci postavljeni okomito na prethodne. Kontrolni presjeci i njihov položaj u odnosu na ležište prikazani su na slici 6-15, a u tablici 6-3 su prikazani dobiveni rezultati.



Slika 6-15. Kontrolni obračunski presjeci modeliranog ležišta boksita, M1:1500

Tablica 6-3. Kontrolni izračun obujma ležišta boksita metodom paralelnih presjeka

BLOK	Presjek	POVRŠINA, m ²		Udaljenost presjeka l,m	Masa m, t
		P _{pres.}	P _{sr}		
I	1-1'	0	129,29	20,0	6981
	2-2'	258,57			
II	2-2'	258,57	296,43	20,0	16007
	3-3'	334,28			
III	3-3'	334,28	272,88	20,0	14735
	4-4'	211,47			
IV	4-4'	211,47	105,74	17,5	4996
	5-5'	0			
UKUPNO					42720

Obujam ležišta pomoću Power InRoads alata, odnosno metodom računalnog modeliranja (mrm), dobije se tako da se unutar izbornika „Evaluation“ odabere „Volumes“ pa „Triangle Volumes“. Pošto je odabran „Triangle Volumes“ potrebno je zadati dvije triangulirane površine između kojih će program odrediti obujam. To su krovina i podina ležišta boksita koje su zasebno triangulirani. Ovom metodom dobiven je nešto manja masa ležišta, a iznosi 42 746 t, što je neznatna razlika od 1%. Stoga se dobiveni rezultati mogu smatrati pouzdanim podacima za daljnje analize.

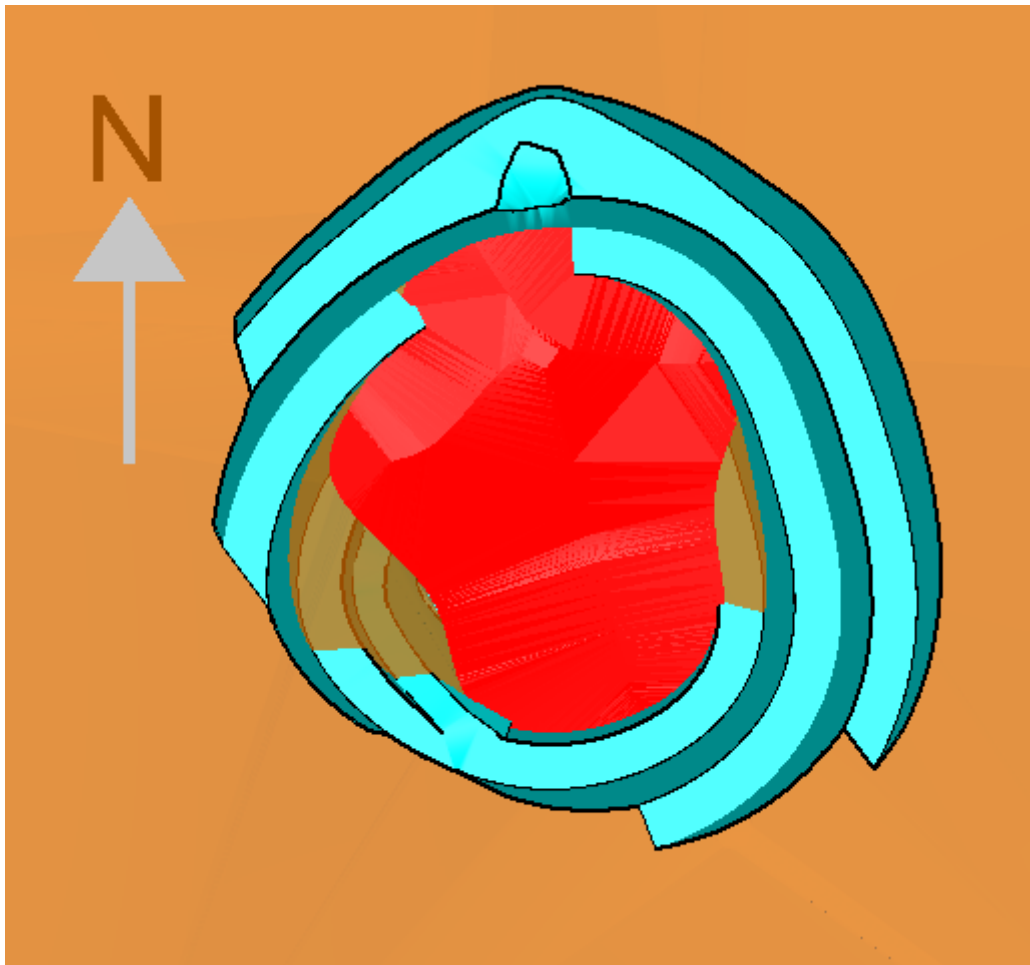
Ipak, treba napomenuti da je obujam dobiven mrm-om točniji, a do rezultata se dođe u puno kraćem vremenu što je i razlog sve većeg korištenja ovog i ostalih sličnih namjenskih programa za grafički dizajn kako u rudarstvu tako i u ostalim djelatnostima.

6.2. Prva varijanta eksploatacije ležišta boksita

Nakon što su podaci dobiveni istražnim bušenjem interpretirani, a ležište boksita modelirano slijedeći korak je modeliranje eksploatacije ležišta boksita. Modelirane su dvije varijante eksploatacije ležišta boksita. Prva je eksploatacija ležišta površinskom eksploatacijom, a druga eksploatacija ležišta kombinirana je površinskom i podzemnom eksploatacijom.

Kod prve varijante modeliran je veći površinski kop kojim bi se zahvatilo gotovo cijelo ležište boksita kao što je prikazano na slici 6-16. Kop se sastoji od tri etaže visine 10 m, te završne etaže kojoj visina varira ovisno o konfiguraciji terena. Širina etažne ravnine (berme) je 6 m. Osnovni plato (prva etaža) kopa je na nadmorskoj visini od 862 m. Kop je modeliran

tako da njegova izrada može započeti sa otvaranjem usjeka na koti od 872 m, koja odgovara visini druge etaže, na mjestu gdje je korito potoka Skakavac koji će biti dislociran kako bi se ovaj kop mogao izgraditi.



Slika 6-16. Renderirani prikaz većeg kopa, kontaktne plohe i ležišta boksita

Treba napomenuti da bi najisplativije bilo kad bi se uz boksit eksploatirao i a-g kamen po uzoru na Crvene stijene i Poljane gdje je ta ideja zaživjela. Trebalo bi razmotriti tu mogućnost, te provesti potrebna istraživanja za utvrđivanje rentabilnosti ležišta a-g kamena. Na Skakavcu je već provedena prospekcija terena u svrhu istraživanja boksita, te su provedeni i geodetski radovi, i istražno bušenje pa možemo pomoću dobivenih jezgri provesti laboratorijska istraživanja. Provedeni geološki, rudarski i geodetski radovi koji se moraju upotpuniti laboratorijskim analizama i testovima koriste nam za:

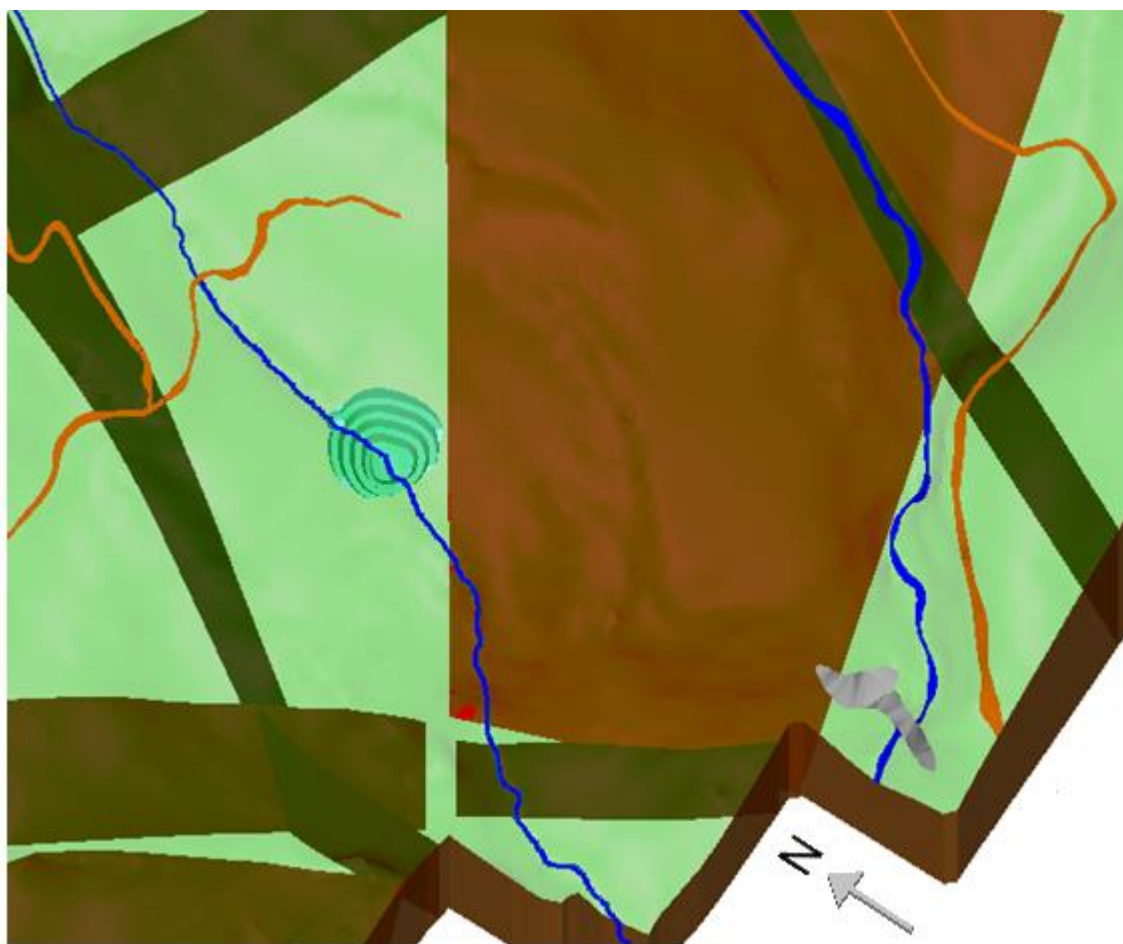
- određivanje specifičnosti njegove građe i sastava,
- izdvajanje pojedinih litoloških tipova stijena,
- utvrđivanje temeljnih sustava pukotina i prslina,
- određivanje kakvoće kamena i njegove dekorativnosti,

- određivanje hidrogeoloških uvjeta ležišta.

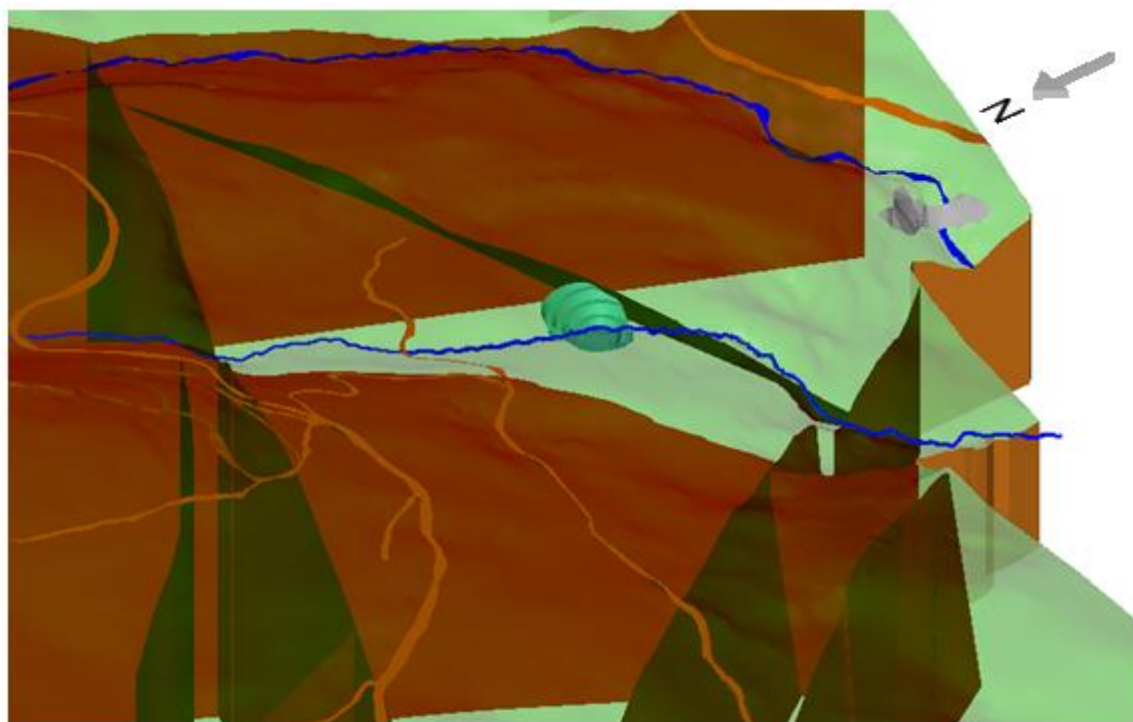
Ukoliko se prethodno navedenim istražnim radnjama dobiju povoljni rezultati može se provesti probna eksploatacija kojom se najbolje mogu utvrditi:

- koeficijent iskorištenja ležišta
- tehnički parametri prerade blokova tj. sposobnost piljenja, brušenja i poliranja
- postotak blokova čije dimenzije odstupaju od standardnih
- postotak otpadnog materijala, te mogućnost njegovog korištenja kao tehničko – građevnog kamena, za izradu polimramora ili u neke druge svrhe
- potreba za selektivnom eksploatacijom tj. izdvajanjem pojedinih inačica kamena
- utjecaj atmosferilija na arhitektonsko-građevni kamen
- položaj i udaljenost između pukotina

Kao ležišta a-g kamena tu se nameće krovina ležišta boksita odnosno krupnozrnate i sitnozrnate breče za koje, na temelju istraživanja provedenih na Crvenim stijenama u svrhu njihove eksploatacije, možemo pretpostaviti da imaju povoljne značajke. Može se razmotriti i eksploatacija vapnenaca koji čine podinu ležišta boksita obzirom da na temelju istraživanja provedenih na Poljanama poznato je da se radi o vapnencima dobrih značajki. Najveći problem predstavlja tektonska poremećenost ovog područja koja bitno utječe na mogućnost dobivanja cjelovitih blokova. Brojni rasjedi su vidljivi na slikama 5-6 i 5-7 koje se nalaze u prethodnom poglavlju, a na slikama 6-17 i 6-18 kojima je prikazano područje lokaliteta Skakavac vidljivo je da niti jedan na površini uočeni i zabilježeni rasjed ne prolazi konturom modeliranog kopa.

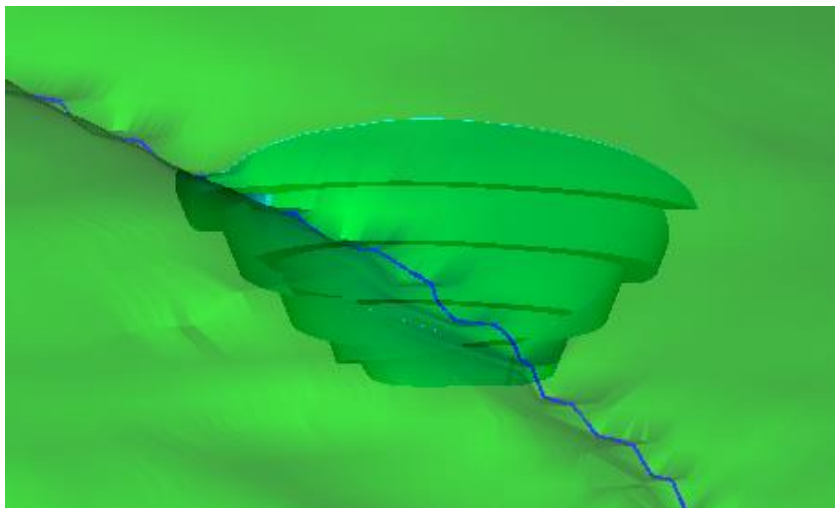


Slika 6-17. Renderirani prikaz većeg kopa i rasjeda na lokalitetu Skakavac

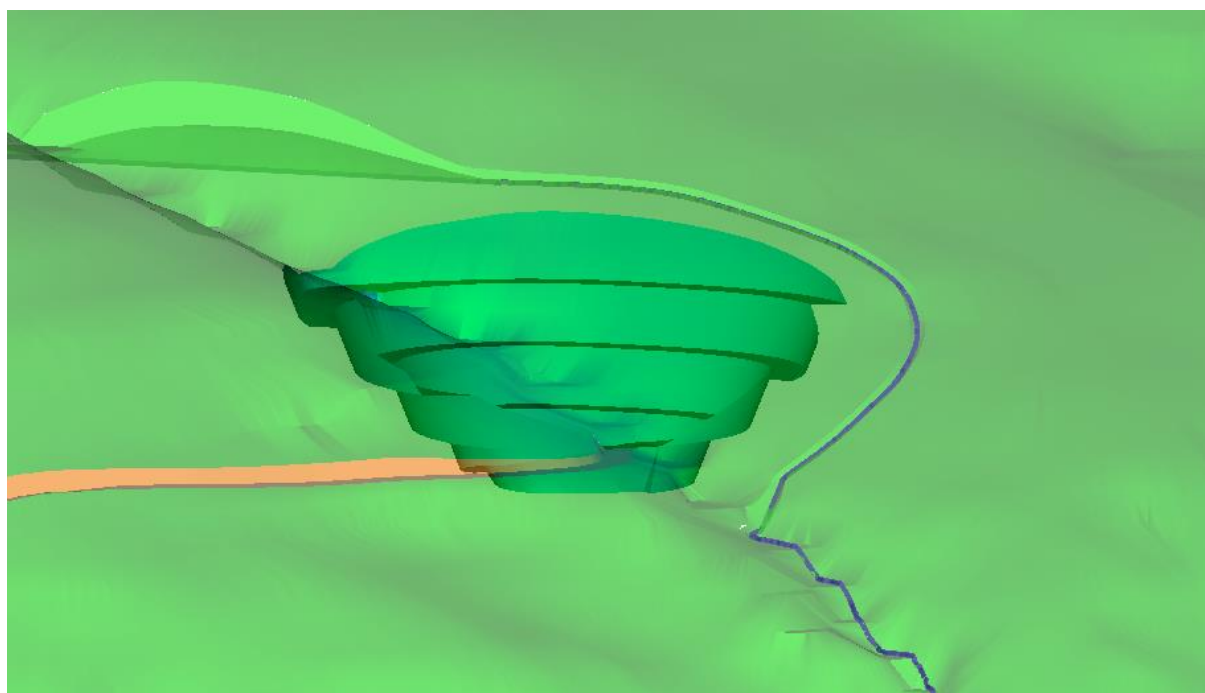


Slika 6-18. Renderirani prikaz većeg kopa i rasjeda na lokalitetu Skakava

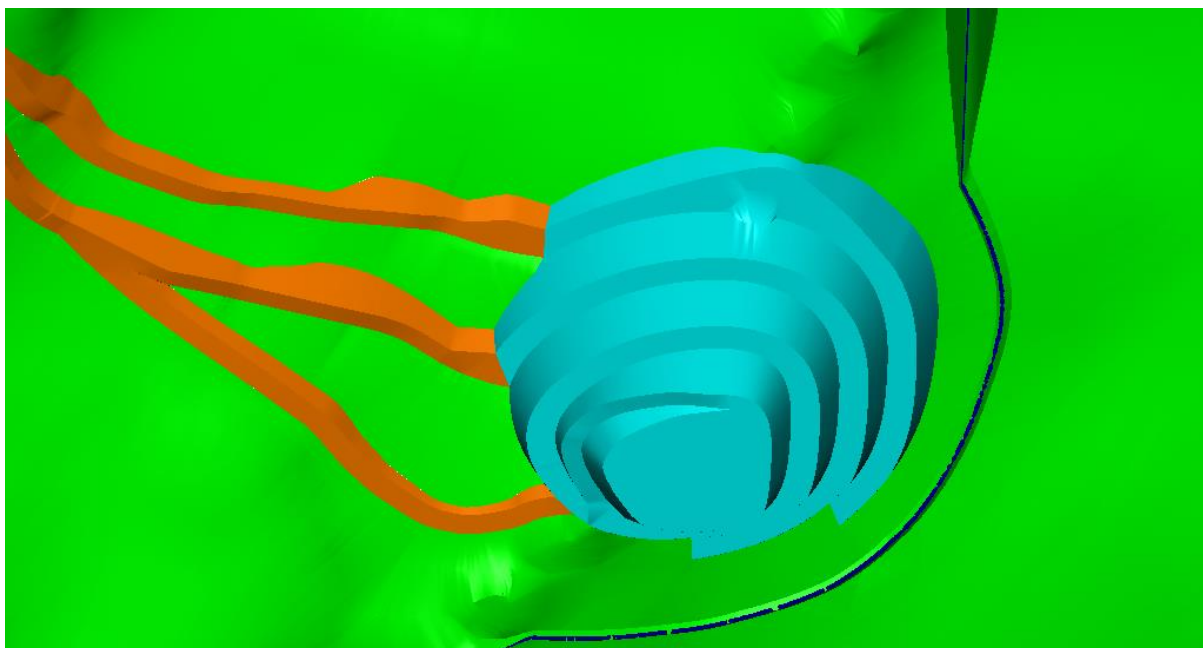
Na slici 6-19 prikazan je modelirani kop i potok Skakavac koji prolazi kroz njega. Da bi se kop izradio potrebno je izgraditi pristupnu cestu do mjesta predviđenog za izradu usjeka kojim će početi izrada kopa, te je potrebno dislocirati potok kao što je prikazano na slici 6-20. Napredovanjem eksploatacije i razvojem etaža potrebno je izgraditi i pristupne putove do etaža kao što je prikazano na slici 6-21.



Slika 6-19. Renderirani prikaz većeg kopa i potoka Skakavac

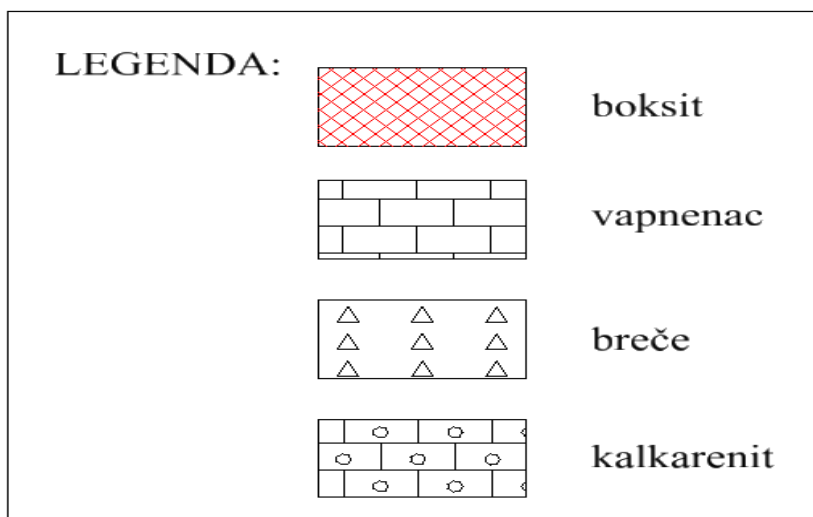


Slika 6-20. Renderirani prikaz većeg kopa, dislociranog potoka i pristupne ceste

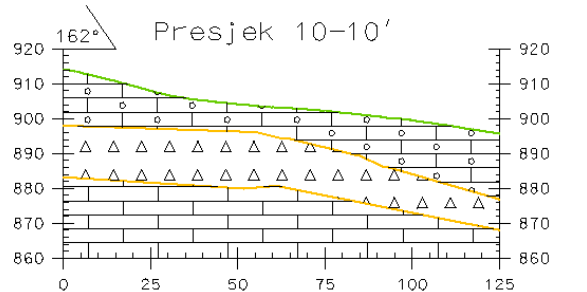
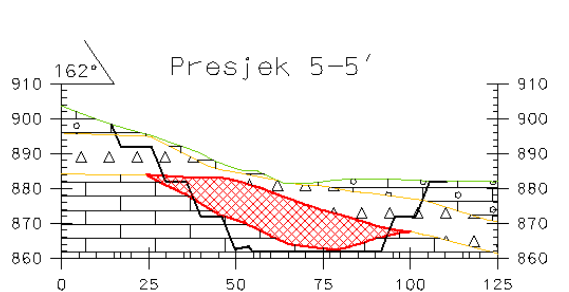
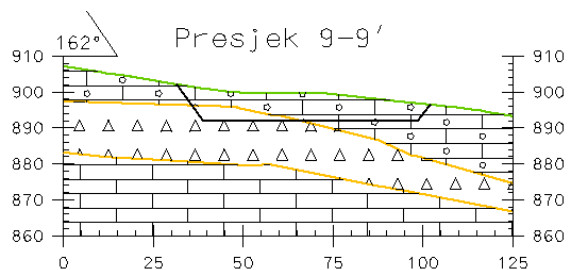
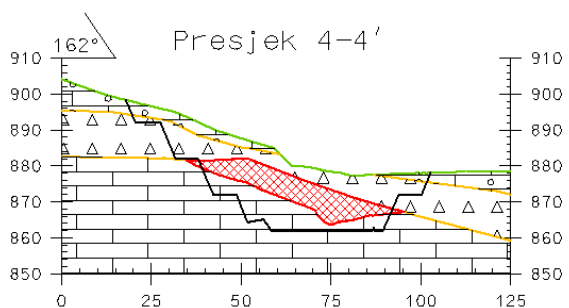
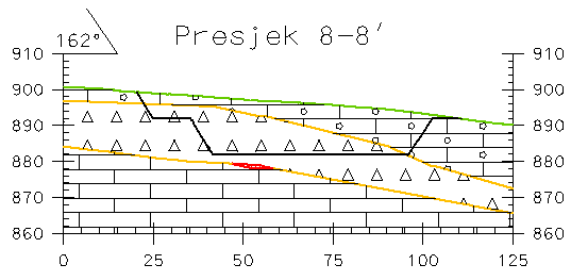
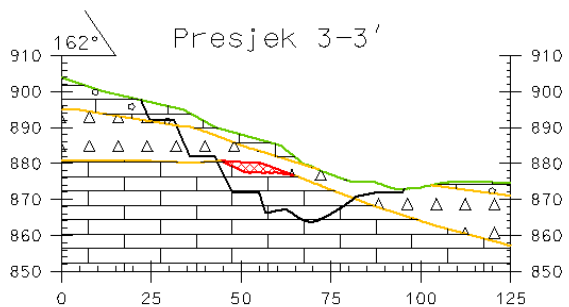
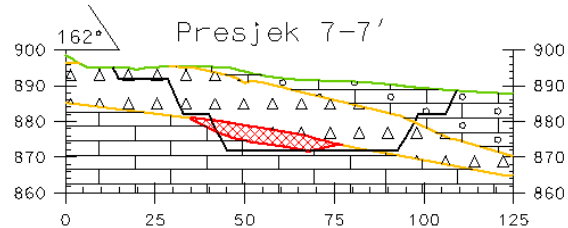
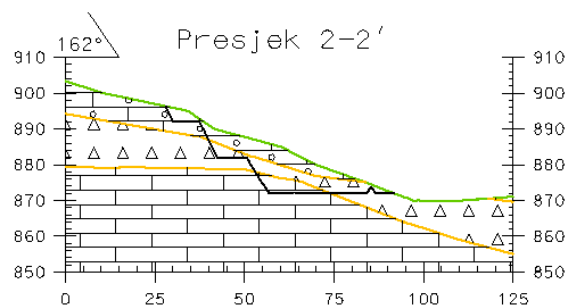
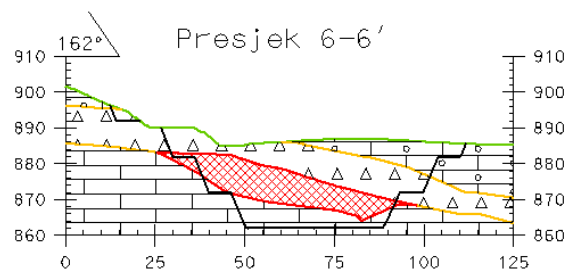
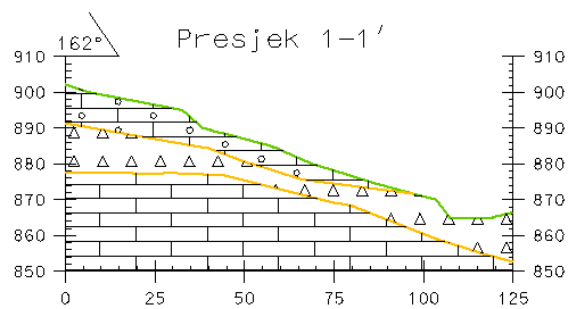


Slika 6-21. Renderirani prikaz većeg kopa i pristupnih cesti za etaže

Na slici 6-22 prikazana je legenda za presjeke izrađene u Power InRoads-u na kojima se nalazi: površina terena, kop, kontaktna ploha, ležište boksita, te granica između naslaga breča i kalkarenita. Napravljeno je 10 međusobno paralelnih presjeka prikazanih na slici 6-23, a njihov položaj u odnosu na kop i ležište boksita, te istražne bušotine prikazan je na slici 6-24.

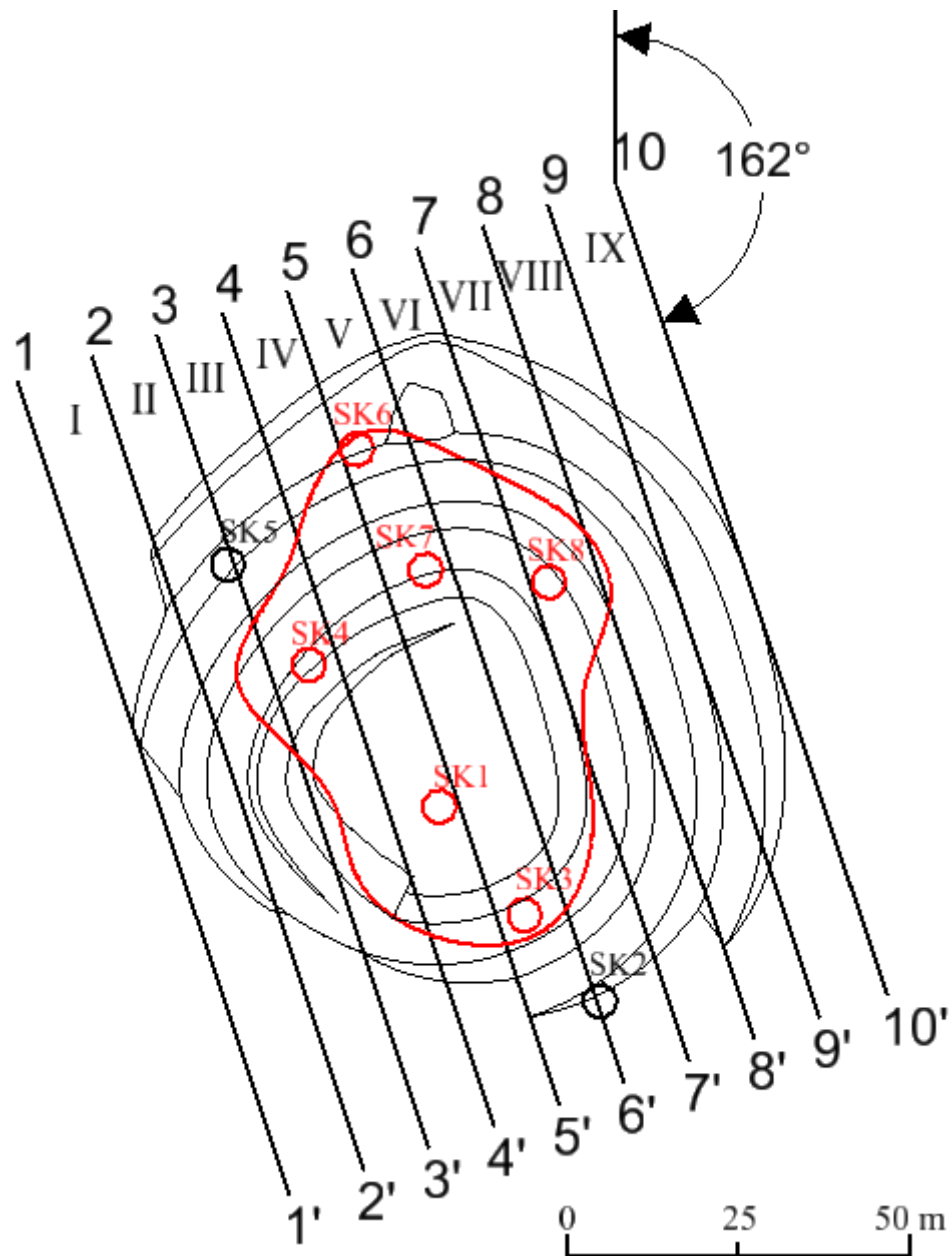


Slika 6-22. Legenda za presjeke većeg površinskog kopa



Slika 6-23. Presjeci većeg površinskog kopa, M1:2000

Treba navesti da se eksploatacija boksita izvodi do paleoreljefa bez zasijecanja podinskih vapnenaca, te u tom slučaju treba zanemariti tablicu s podinskim vapnencima koji će se zasijecati samo u slučaju njihove eksploatacije. Ako se podinski vapnenci ne bi eksploatirali onda bi na presjecima 4, 5 i 6 etaža 872 bila zadnja u jalovini, te bi se iz nje spuštali prateći paleoreljef tako da se ne zasijeca podina ležišta boksita.



Slika 6-24. Položaj presjeka u odnosu na kop, ležište boksita i istražne bušotine

Presjeci su napravljeni kako bi se metodom paralelnih presjeka odredio: ukupni obujam materijala unutar kopa i boksita, obujam breča (krovina ležišta boksita) koje su potencijalno ležište a-g kamena, obujam vapnenaca koji također predstavljaju potencijalno ležište a-g kamena, te obujam jalovih naslaga kalkarenita i lapora koje se nalaze iznad breča. Da bi se

odredio ukupni obujam neke komponente unutar kopa potrebne su njezine površine za pojedine presjeke, te razmak između presjeka. Razmak između presjeka i površine može se izmjeriti pomoću alata za mjerenje ponuđenih u programu Power InRoads. Proračun je izveden u Excel-u, a rezultati za pojedine komponente unutar kopa prikazane su u tablicama. Obujam boksita unutar kopa prikazan je u tablici 6-4, obujam breča u tablici 6-5, obujam vapnenaca u tablici 6-6, te obujam jalovih naslaga u tablici 6-7.

Tablica 6-4. Proračun obujma boksita unutar kopa

BLOK	Presjek	POVRŠINA, m ²		Udaljenost presjeka l,m	Obujam Ob=P _{sr} *l m ³
		P _{pres.}	P _{sr}		
I	1-1'	0,0	0,0	11,5	0,0
	2-2'	0,0			
II	2-2'	0,0	16,2	10,0	161,8
	3-3'	32,4			
III	3-3'	32,4	176,0	10,0	1760,3
	4-4'	319,7			
IV	4-4'	319,7	442,3	10,0	4423,3
	5-5'	565,0			
V	5-5'	565,0	504,7	10,0	5047,2
	6-6'	444,5			
VI	6-6'	444,5	285,4	10,0	2854,0
	7-7'	126,3			
VII	7-7'	126,3	63,2	10,0	631,7
	8-8'	0,0			
VIII	8-8'	0,0	0,0	10,0	0,0
	9-9'	0,0			
IX	9-9'	0,0	0,0	10,4	0,0
	10-10'	0,0			
	UKUPNO				14878

Tablica 6-5. Proračun obujma breča unutar kopa

BLOK	Presjek	POVRŠINA, m ²		Udaljenost presjeka l,m	Obujam Ob=P _{sr} *l m ³
		P _{pres.}	P _{sr}		
I	1-1'	0,0	74,3	11,5	853,4
	2-2'	148,7			
II	2-2'	148,7	205,5	10,0	2054,6
	3-3'	262,2			
III	3-3'	262,2	331,6	10,0	3315,9
	4-4'	400,9			
IV	4-4'	400,9	430,5	10,0	4305,1
	5-5'	460,1			
V	5-5'	460,1	499,9	10,0	4999,0
	6-6'	539,7			
VI	6-6'	539,7	684,8	10,0	6847,9
	7-7'	829,9			
VII	7-7'	829,9	661,6	10,0	6616,4
	8-8'	493,4			
VIII	8-8'	493,4	284,4	10,0	2844,0
	9-9'	75,4			
IX	9-9'	75,4	37,7	10,4	392,4
	10-10'	0,0			
	UKUPNO				32228

Tablica 6-6. Proračun obujma vapnenaca unutar kopa

BLOK	Presjek	POVRŠINA, m ²		Udaljenost presjeka l,m	Obujam Ob=P _{sr} *l m ³
		P _{pres.}	P _{sr}		
I	1-1'	0,0	30,0	11,5	344,0
	2-2'	59,9			
II	2-2'	59,9	173,1	10,0	1731,3
	3-3'	286,3			
III	3-3'	286,3	288,8	10,0	2888,1
	4-4'	291,3			
IV	4-4'	291,3	225,8	10,0	2257,7
	5-5'	160,2			
V	5-5'	160,2	205,0	10,0	2049,5
	6-6'	249,7			
VI	6-6'	249,7	152,5	10,0	1524,9
	7-7'	55,3			
VII	7-7'	55,3	27,7	10,0	276,5
	8-8'	0,0			
VIII	8-8'	0,0	0,0	10,0	0,0
	9-9'	0,0			
IX	9-9'	0,0	0,0	10,4	0,0
	10-10'	0,0			
	UKUPNO				11071,8

Tablica 6-7. Proračun obujma jalovine (kalkarenita i lapora) unutar kopa

BLOK	Presjek	POVRŠINA, m ²		Udaljenost presjeka l,m	Obujam Ob=P _{sr} *l m ³
		P _{pres.}	P _{sr}		
I	1-1'	0,0	93,3	11,5	1070,5
	2-2'	186,5			
II	2-2'	186,5	165,4	10,0	1654,1
	3-3'	144,3			
III	3-3'	144,3	171,4	10,0	1714,1
	4-4'	198,5			
IV	4-4'	198,5	196,1	10,0	1960,9
	5-5'	193,7			
V	5-5'	193,7	209,7	10,0	2097,4
	6-6'	225,8			
VI	6-6'	225,8	285,2	10,0	2852,1
	7-7'	344,6			
VII	7-7'	344,6	407,6	10,0	4076,2
	8-8'	470,6			
VIII	8-8'	470,6	433,4	10,0	4333,8
	9-9'	396,1			
IX	9-9'	396,1	198,1	10,4	2061,9
	10-10'	0,0			
	UKUPNO				21821

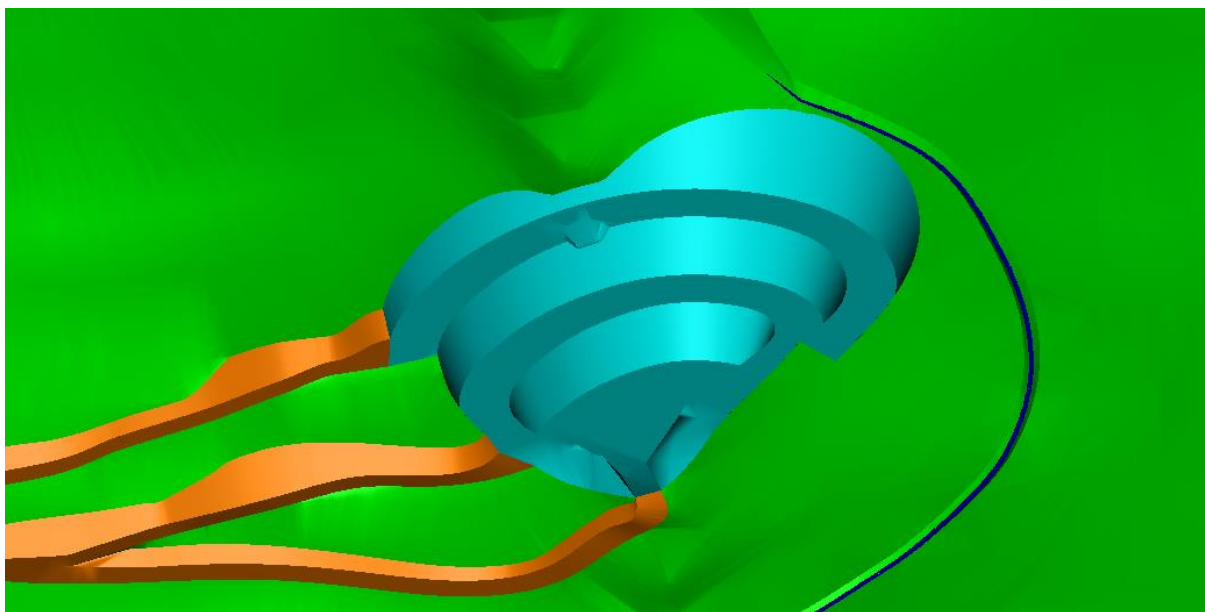
Iz tablica je vidljivo da obujam boksita unutar kopa iznosi 14 800 m³, obujam breča 32 200 m³, obujam vapnenca 1100 m³, te obujam jalovine 21 800 m³. Zbrajanjem ovih iznosa dobije se ukupni obujam materijala u kopu koji iznosi 80 000 m³. Ukupni obujam određen je i pomoću Power InRoads-a, a on iznosi 82 000 m³. Treba napomenuti da je obujam dobiven pomoću programa točniji, a do rezultata se dođe u puno kraćem vremenu što je i razlog sve većeg korištenja ovog i ostalih sličnih namjenskih programa za grafički dizajn kako u rudarstvu tako i u ostalim djelatnostima.

No, ovdje treba iznijeti i realnu mogućnost da proračunate količine breče, poradi vremenskog i dinamičkog ograničenja, predstavljaju otkrivku pri eksploataciji boksita. U tom slučaju ukupna količina otkrivke, skupa s kalkarenitima, iznosi oko 54000 m³. Pošto količina boksita iznosi oko 40 000 t može se utvrditi najnepovoljniji prosječni koeficijent otkrivke koji iznosi 1:1,35, odnosno 0,74 t boksita po 1 m³ otkrivke.

6.3. Druga varijanta eksploatacije ležišta boksita

Druga varijanta eksploatacije ležišta je kombinacija površinske i podzemne eksploatacije. Napravljen je manji površinski kop kojim bi se eksploatirao gornji, viši dio ležišta koji se nalazi bliže površini terena. Donji dio ležišta koji se nalazi na većoj dubini od površine terena i eksploatirao bi se podzemnom eksploatacijom, prema ovoj varijanti. Kao i kod prve varijante trebala bi se razmotriti i eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena.

Modelirani površinski kop sastoji se od 2 etaže visine 10 m, te završne etaže kao što je prikazano na slici 6-25. Širina etažne ravnine (berme) iznosi 9 m. Osnovni plato kopa je na nadmorskoj visini od 872 m. Da bi se započelo sa izradom kopa potrebno je dislocirati potok Skakavac i napraviti pristupnu cestu do mjesta koje je predviđeno za izradu usjeka. Kop je modeliran tako da njegova izrada može započeti sa otvaranjem usjeka na koti od 882 m.n.m., što odgovara visini druge etaže, sa mjesta gdje je korito potoka Skakavac koje i samo predstavlja usjek u stijeni. Napredovanjem eksploatacije i razvojem etaža potrebno je izgraditi i pristupne putove do etaža.

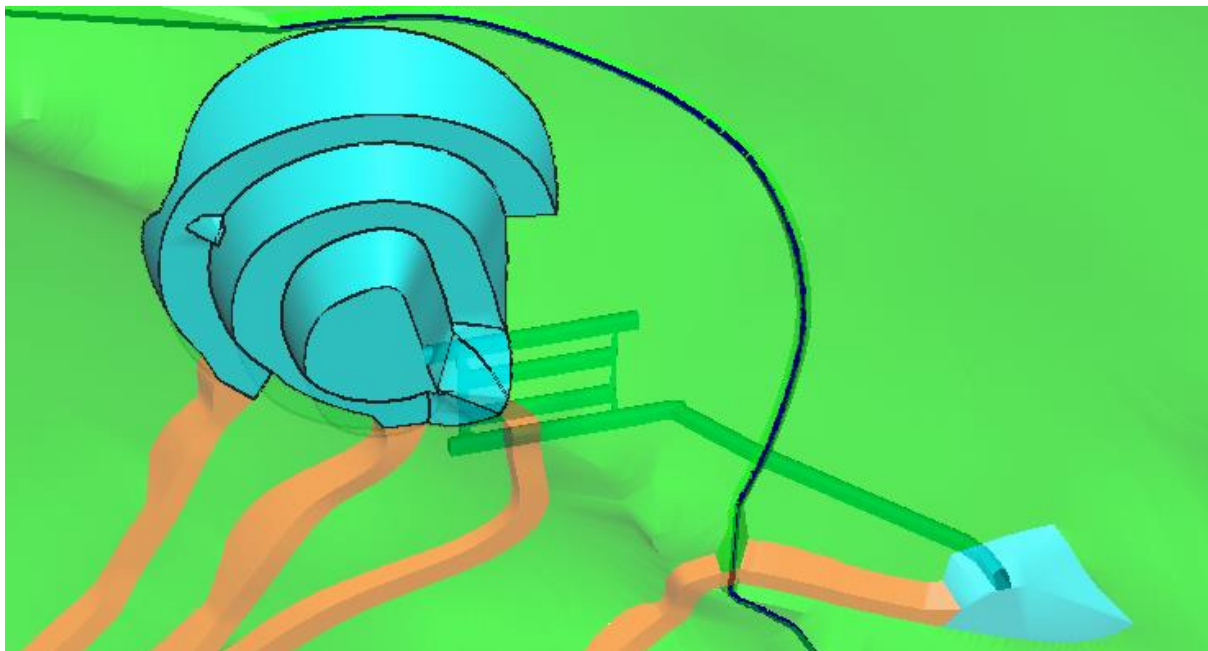


Slika 6-25. Renderirani prikaz manjeg kopa i pristupnih cesta za etaže

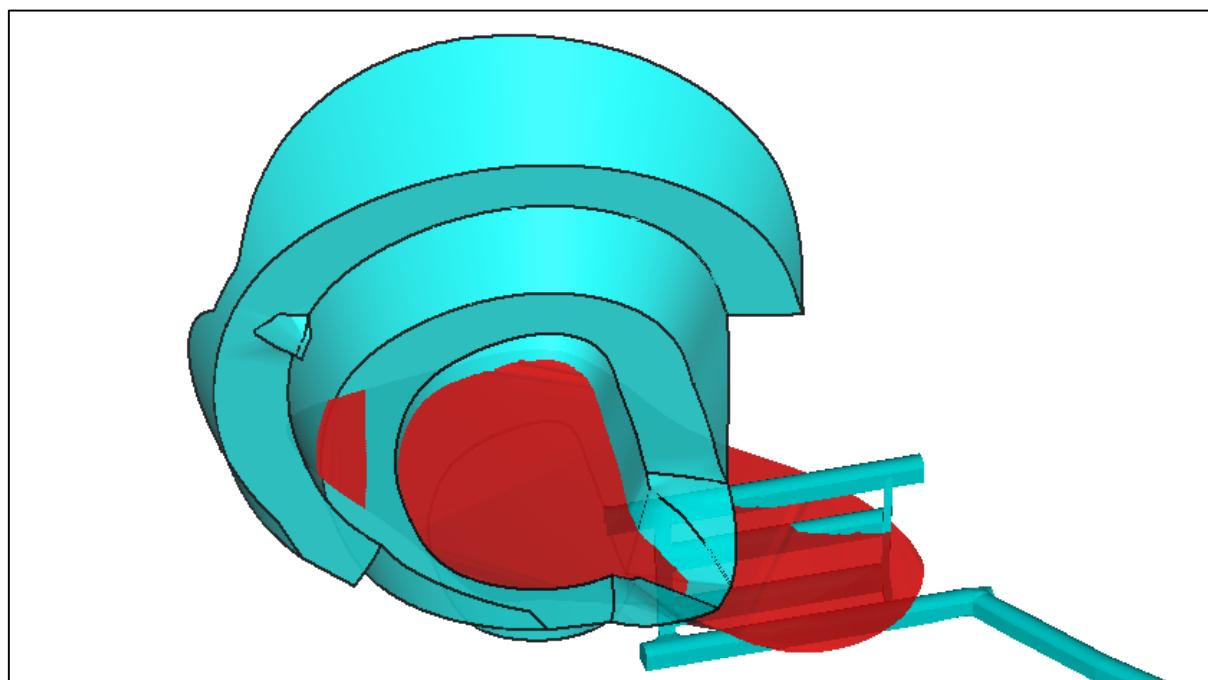
Preostali dio ležišta otvoren je s dva potkopa od kojih se jedan nalazi na nadmorskoj visini od 872 m, te je izrađen s osnovnog platoa kopa. Drugi potkop, koji se nalazi na nadmorskoj visini od 862 m, izrađen je sa površine terena, za što je prvo potrebno izraditi usjek na površini terena iz kojeg bi počeli s izradom potkopa. Usjek je napravljen južno od kopa na udaljenosti od 90 m zračne crte kao što je prikazano na slici 6-26. Potkopi, koji služe za

otvaranje ležišta, spojeni su sa sipkom i niskopom. Iz niskopa su izrađena dva hodnika koja služe za eksploataciju ležišta kao što je prikazano na slici 6-27.

Pomoću programa Power InRoads u kojem je kop modeliran odredili smo obujam materijala kojeg je potrebno ukloniti pri izradi ovog kopa, a on iznosi 48 400 m³ što je upola manje nego kod prve varijante.



Slika 6-26. Renderirani prikaz manjeg kopa i podzemnih prostorija za eksploataciju ležišta



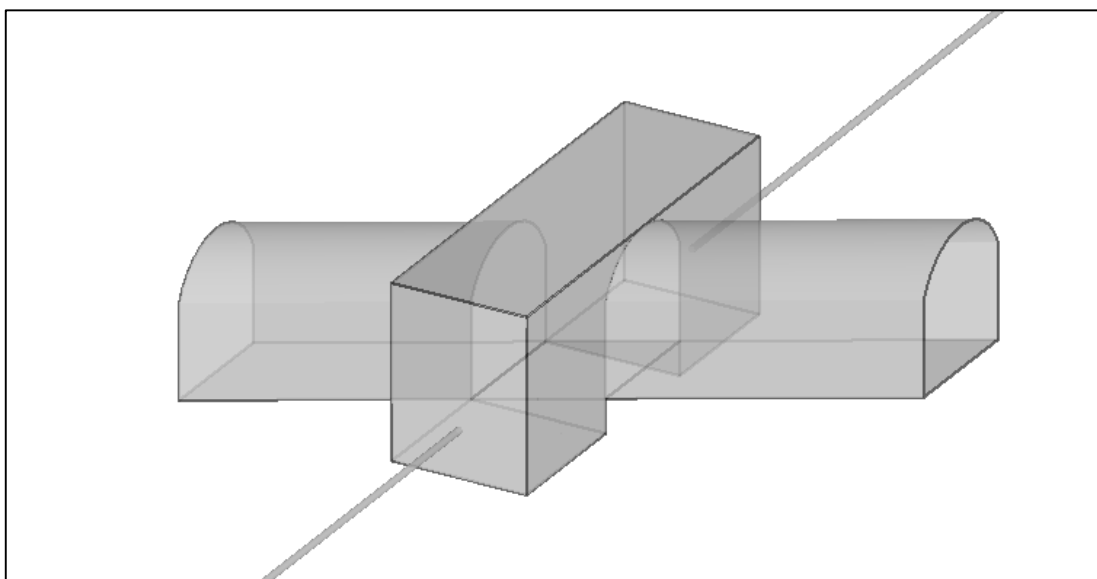
Slika 6-27. Renderirani prikaz manjeg kopa, podzemnih prostorija i ležišta boksita

7. MODELIRANJE DALJNJIH ISTRAŽNIH RADOVA

Promatrano boksitonosno područje dijelom je istraženo i to uglavnom istražnim bušenjem s površine terena, te podzemnim prostorijama koje su rađene u svrhu eksploatacije brojnih utvrđenih ležišta boksita. Upravo zbog toga za ovo područje imamo dovoljan broj podataka o položaju i nagibu kontaktne plohe pa možemo napraviti njezin 3D model što je i bio dio ovog rada.

Daljnji istražni radovi se predlažu na temelju modelirane kontaktne plohe. Obavljali bi se iz istražnih hodnika (uskopa, niskopa) pomoću bušotina koje bi se bušile iz hodnika paralelno sa kontaktnom plohom. Istražni hodnici izrađivali bi se neposredno ispod kontaktne plohe na udaljenosti ne većoj od 5 m, dok bi udaljenost između istražnih bušotina bila 80 m. Obzirom da je to maksimalni razmak između bušotina, ležište boksita pronađeno ovim istražnim radovima može se svrstati u B ili C₁ kategoriju rezervi, ovisno o veličini ležišta.

Istražne bušotine radile bi se iz proširenih hodnika za istražno bušenje ili po potrebi iz komora (ako to zahtijevaju performanse bušaće opreme), kao što je prikazano na slici 7-1.



Slika 7-1. Renderirani prikaz proširenog hodnika (istražne komore) i položaja istražnih bušotina

Ovakav način istraživanja može se smatrati efikasnijim pošto kod bušenja iz hodnika cijelom duljinom bušenja prolazimo neposredno ispod kontaktne plohe tj. kroz područje koje je potencijalno ležište boksita, dok s druge strane, kod površinskih istražnih bušenja kroz to područje bušimo tek malim dijelom bušotine, te se povećanjem dubine kontaktne plohe taj

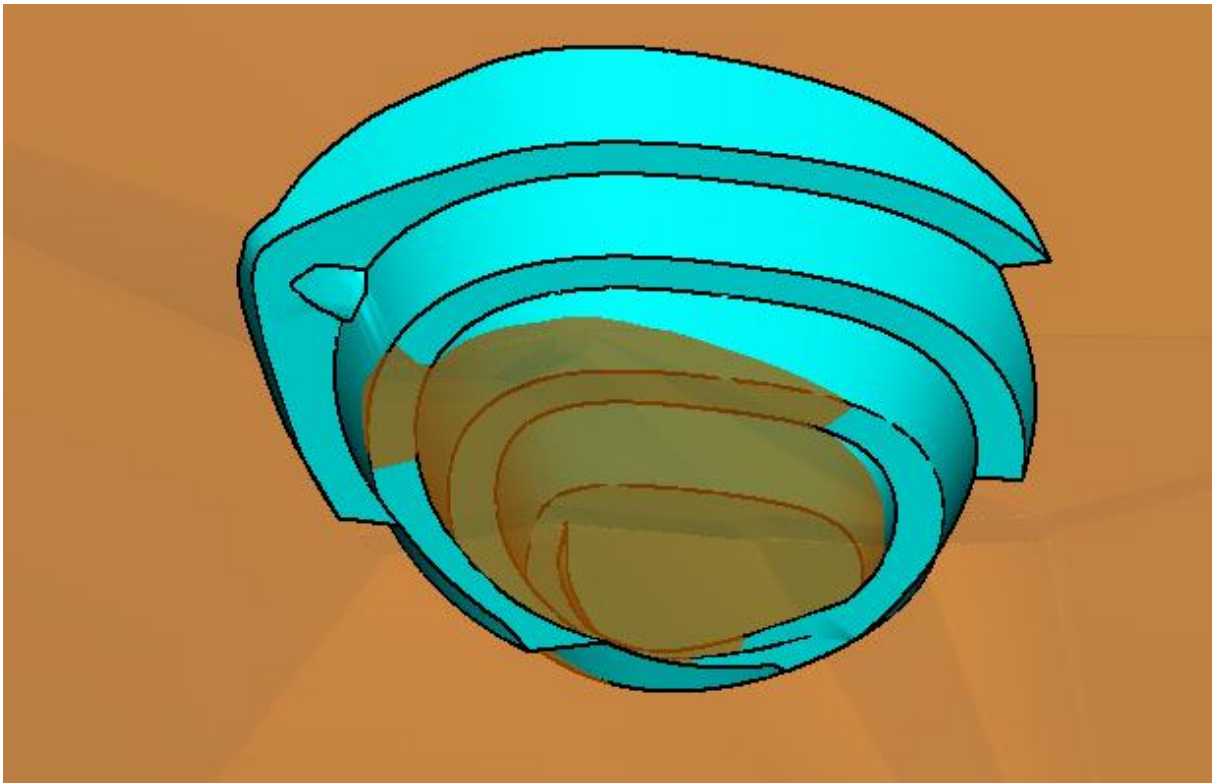
udio još smanjuje. Da se zaključiti da se povećavanjem dubine kontaktne plohe povećava prednost istražnih radova koji bi se obavljali bušenjem iz istražnih hodnika u odnosu na istražne radove s površine terena. Još jedna prednost ovakvog načina istraživanja je to što ne zahtijeva jezgrovanje nego se može bušiti na prah ili ispuh, koji se iznosi iz bušotine komprimiranim zrakom ili isplakom. Analizom krhotina stijene koje je isplaka iscirkulirala na površinu lako se odredi postoji li ležište boksita, pa bi jezgrovanje bilo nepotrebno.

Modelirani su daljnji istražni radovi na lokalitetu Skakavac, te između lokaliteta Skakavac i Crvenih stijena.

7.1. Modeliranje daljnjih istražnih radova na lokalitetu Skakavac

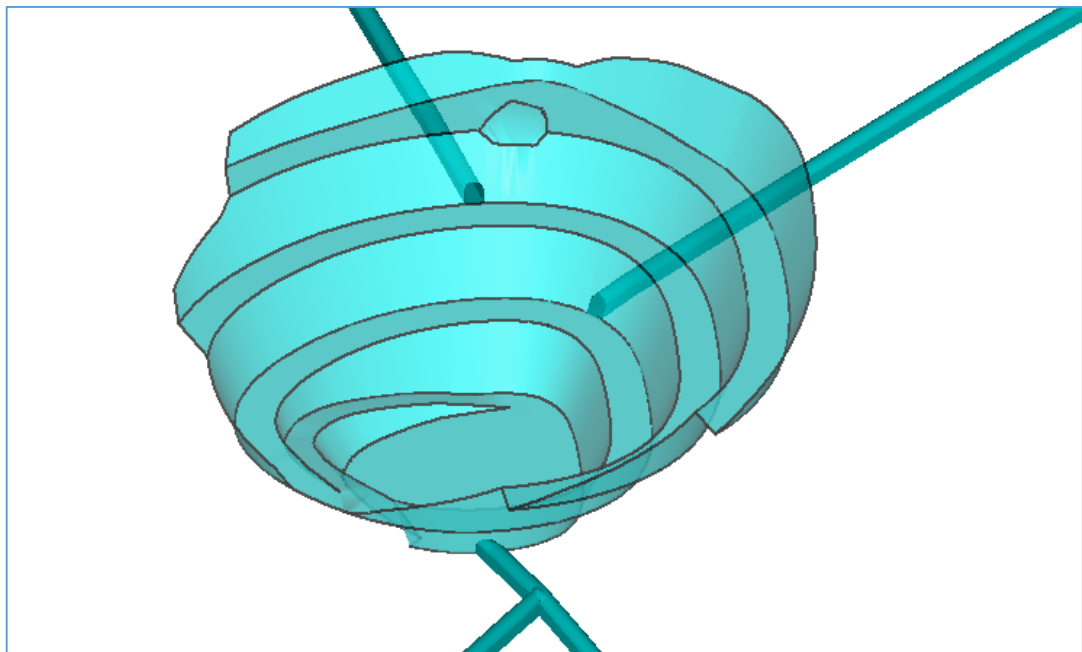
Neovisno o odabranoj varijanti eksploatacije ležišta boksita na lokalitetu Skakavac predlažu se daljnji istražni radovi koji bi se obavljali iz istražnih hodnika, pomoću bušotina koje bi se bušile iz hodnika paralelno sa kontaktnom plohom. U tu svrhu su u programu Power InRoads modelirani istražni hodnici koji započinju iz kopa kojim se izvršila eksploatacija ležišta, te prate kontaktnu plohu. Modeliranje daljnjih istražnih radova na lokalitetu Skakavac prikazati ćemo i objasniti na primjeru većeg površinskog kopa.

Na slici 7-2 prikazan je položaj većeg kopa u odnosu na kontaktu plohu na temelju kojeg su modelirani istražni hodnici koji prolaze neposredno ispod kontaktne plohe.



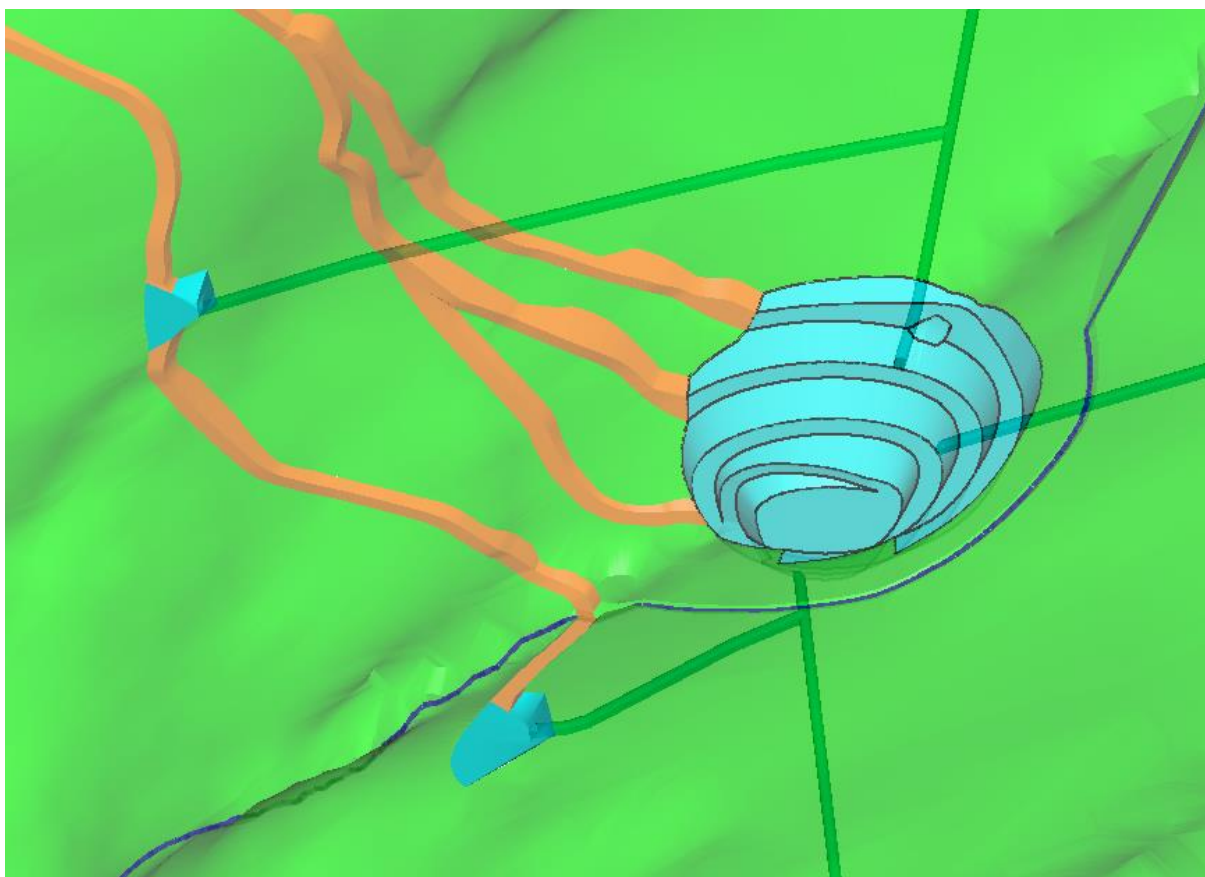
Slika 7-2. Renderirani prikaz većeg površinskog kopa i kontaktne plohe

Modelirana su tri istražna hodnika (dva niskopa i jedan uskop) kao što je prikazano na slici 7-3. Niskop je modeliran s osnovnog platoa koji se nalazi na koti od 862 m.n.m., te sa treće etaže kojoj je kota 882 m.n.m. Dok je uskop modeliran sa druge etaže koja se nalazi na koti od 872 m.n.m.



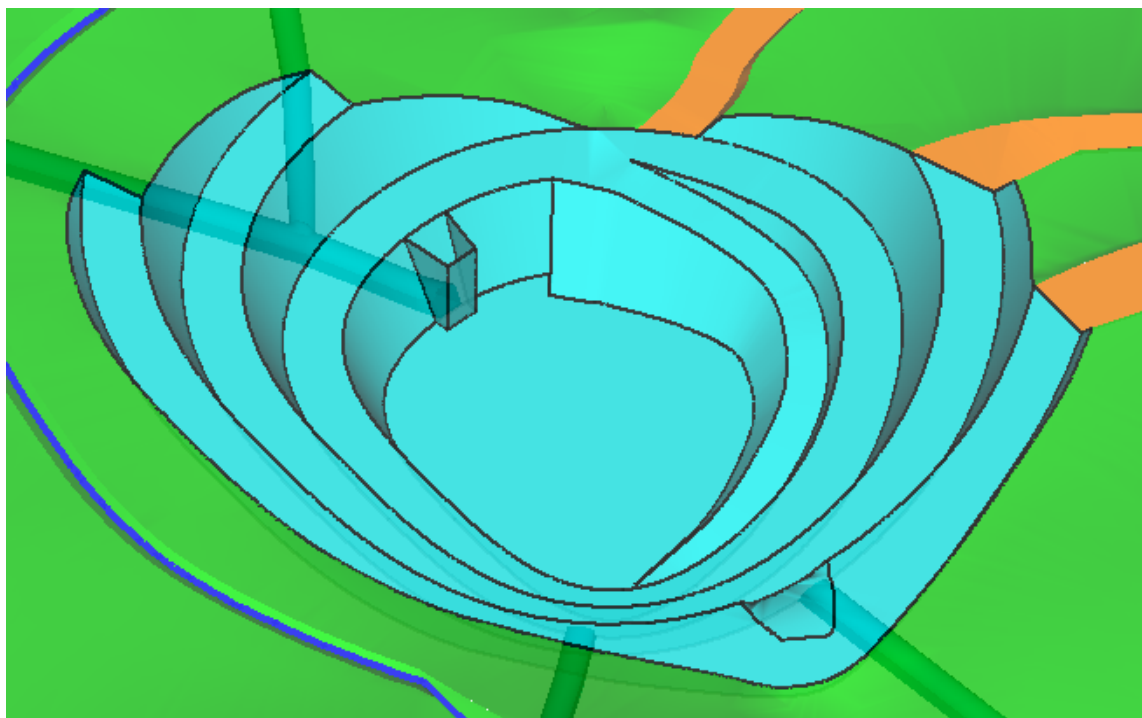
Slika 7-3. Renderirani prikaz većeg površinskog kopa i istražnih hodnika izrađenih iz kopa

Na slici 7-4 prikazan je uskop koji je izrađen sa površine terena na koti od 842 m.n.m., a spaja se, na koti od 881 m.n.m., sa niskopom modeliranim sa treće etaže kopa. Za izradu ovog uskopa potrebno je prvo napraviti usjek na površini terena. Usjek je napravljen zapadno od kopa na udaljenosti od 150 m zračne linije. Modelirani uskop prolazi neposredno ispod kontaktne plohe pa služi kao istražni hodnik ali omogućuje i prirodno vjetrenje izrađenih podzemnih prostorija. Na slici 7-4 prikazan je i potkop napravljen na koti 862 m, koji se spaja s niskopom modeliranim s osnovnog platoa kopa. Za izradu potkopa potrebno je prvo izraditi usjek na površini terena koji je smješten južno od kopa na udaljenosti od 70 m zračne crte. Ovaj potkop omogućuje primjenu osnovnog platoa kao jalovišta za jalovinu iskopanu istražnim hodnicima modeliranim na drugoj i trećoj etaži kopa. Pošto će korištenje osnovnog platoa kao jalovište onemogućiti ulaz u niskop izrađen s osnovnog platoa.



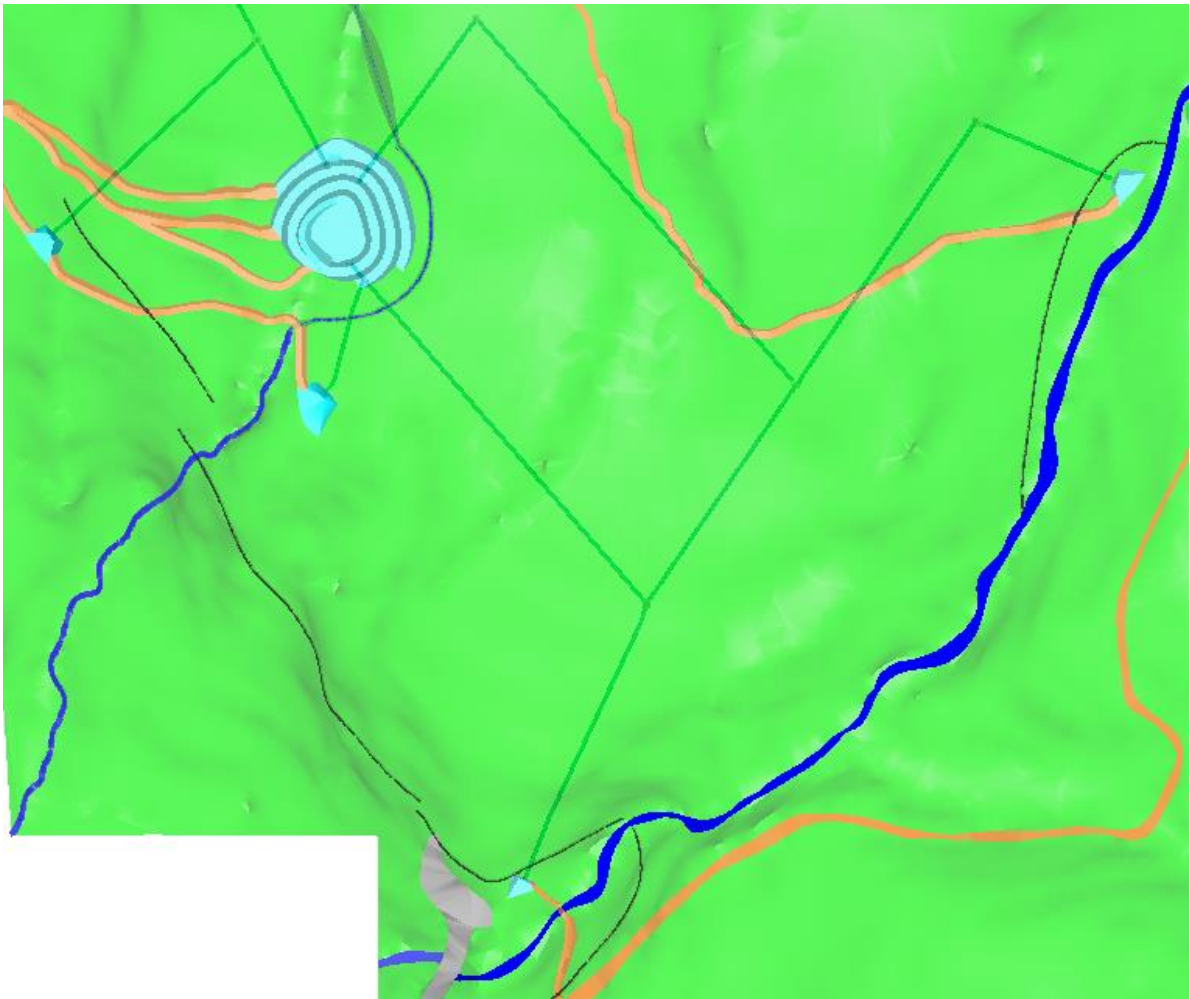
Slika 7-4. Renderirani prikaz većeg površinskog kopa i njegovih pristupnih cesta, te istražnih hodnika

U slučaju korištenja osnovnog platoa kao jalovišta može se oko ulaza u niskop na osnovnom platou napraviti zaštitna konstrukcija, kao što je prikazano na slici 7-5. Ova konstrukcija bi onemogućila zatrpavanje ulaza u niskop i omogućila bi prirodno vjetrenje niskopa.

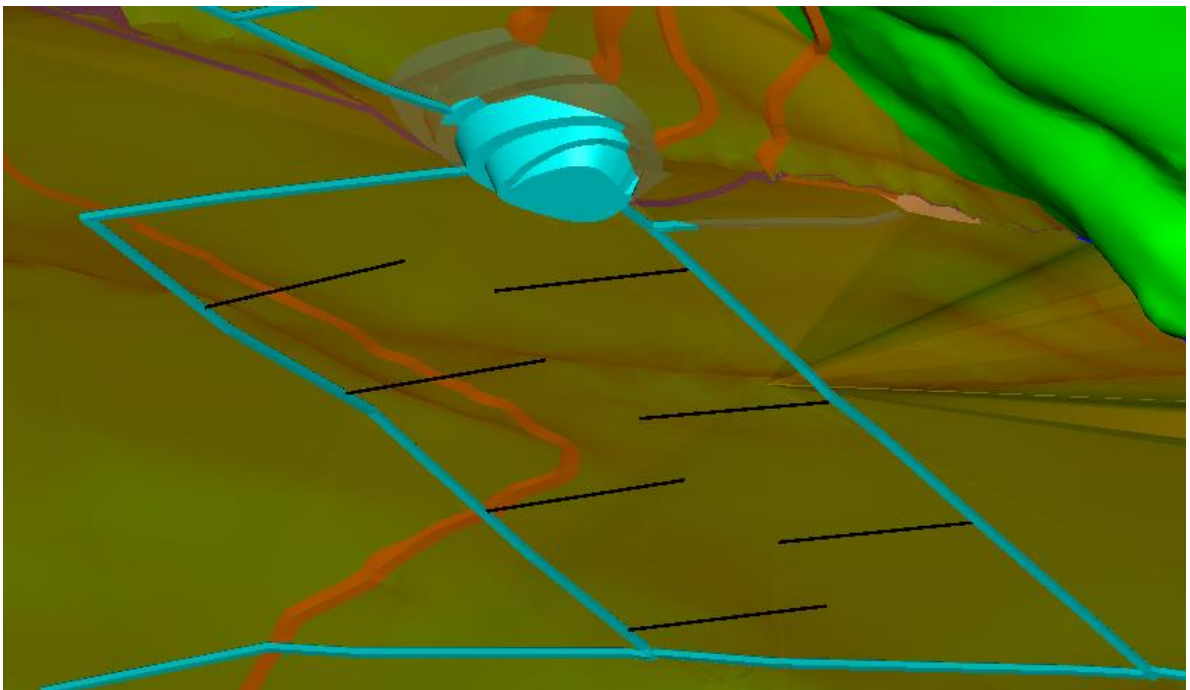


Slika 7-5. Renderirani prikaz većeg površinskog kopa

Na slici 7-6 prikazani su svi istražni hodnici modelirani u sklopu daljnjih istražnih radova na lokalitetu Skakavac, te usjeci izrađeni na površini terena u svrhu njihove izrade. Vidi se da je niskop, čija izrada počinje sa osnovnog platoa povezan s istražnim uskopom (postavljenim neposredno ispod kontaktne plohe). On se kreće iz usjeka koji se nalazi južno od kopa na udaljenosti od 400 m zračne crte, te je izrađen na mjestu na kojem se nalazi izdanak boksita. Ovaj uskop je na svom kraju spojen s površinom terena pomoću istražnog niskopa čija izrada započinje iz usjeka smještenog istočno od kopa na udaljenosti od 450 m zračne linije. Sa slike se još može vidjeti da je istražni uskop, čija izrada počinje na drugoj etaži kopa, na svome kraju spojen s prethodno spomenutim uskopom čija izrada započinje iz usjeka koji se nalazi na mjestu izdanka boksita. Spojen je s istražnim niskopom koji je paralelan s istražnim niskopom čiji je ulaz postavljen na osnovni plato kopa. Između ovih niskopa je predviđeno bušenje istražnih bušotina iz samih niskopa paralelno sa kontaktnom plohom kao što je prikazano na slici 7-7. Razmak između niskopa je 170 m, a predviđena duljina bušenja iznosi 80 m. Udaljenost između istražnih bušotina je 80 m, pošto je to maksimalni razmak između bušotina pri kojem bi ležište boksita otkriveno ovim istražnim radovima mogli svrstati u B kategoriju rezervi.



Slika 7-6. Renderirani prikaz većeg površinskog kopa i istražnih hodnika



Slika 7-7. Renderirani prikaz istražnih radova

7.2. Modeliranje daljnjih istraţnih radova izmeĊu lokaliteta Skakavac i lokaliteta Crvene stijene

Dan je prijedlog daljnjih istraţnih radova izmeĊu Skakavca i Crvenih Stijena. U Power InRoads-u su izraĊena tri usjeka na površini terena kojima se započinje izrada istraţnih niskopa. Ovi usjeci su pozicionirani ispod mjesta na kojem modelirana kontaktna ploha dodiruje površinu terena. Ukupno su napravljena četiri istraţna niskopa i svi su postavljeni neposredno ispod kontaktne plohe. Napravljen je i potkop na koti od 950 m.n.m. kojim se povezuju istraţni niskopi radi postizanja boljeg vjetrenja. Tri niskopa su izraĊena s površine terena, a četvrti je izraĊen iz potkopa. Spomenute istraţne podzemne prostorije i usjeci prikazani su na slici 7-8.

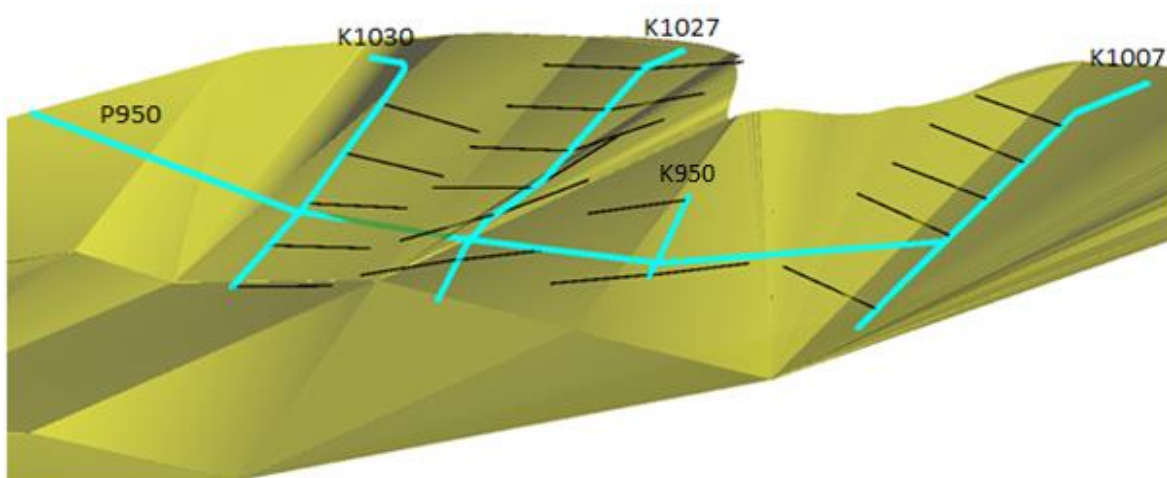


Slika 7-8. Renderirani prikaz površine terena, kontaktne plohe i istraţnih hodnika izmeĊu lokaliteta Skakavac i Crvene Stijene

Istraţni niskopi su meĊusobno paralelni, a razmak izmeĊu dva susjedna niskopa iznosi 170 m. Iz njih se rade istraţne bušotine kao što je prikazano na slici 7-9. Bušotine se buše paralelno sa kontaktnom plohom na meĊusobnom razmaku od 80 m. Pošto je to maksimalni razmak izmeĊu bušotina pri kojem bi se leţište boksita pronašlo ovim istraţnim radovima moglo svrstati u B ili C1 kategoriju rezervi, ovisno o veličini leţišta. Duljina bušenja iznosi 80 m. Sa slike 7-10 moţe se vidjeti da su istraţni hodnici postavljeni neposredno ispod kontaktne plohe. Nakon pronalaska leţišta, nastavilo bi se detaljno istraţivanje s progušćavanjem mreţe istraţnih bušotina, prema novonastaloj situaciji.



Slika 7-9. Renderirani prikaz površine terena, kontaktne plohe i istražnih radova između lokaliteta Skakavac i Crvene Stijene



Slika 7-10. Renderirani prikaz kontaktne plohe i istražnih radova između lokaliteta Skakavac i Crvene Stijene

8. ZAKLJUČAK

U diplomskom radu je prikazano boksitonosno područje u okolici Jajca koje je kroz povijest bilo predmet mnogih istraživanja. Prikazani su lokaliteti Crvene stijene, Poljane i Skakavac, te je na tim lokalitetima na temelju ranije provedenih istraživanja i dobivenih litoloških stupova bušotina modelirana kontaktna ploha.

Pošto na temelju logova bušotina možemo odrediti položaj i nagib kontaktne plohe daljnja istraživanja s površine terena bi bila nepotrebna. Radi toga su predloženi i modelirani istražni radovi iz istražnih hodnika koji su postavljeni neposredno ispod kontaktne plohe. Iz istražnih hodnika bi se izvodilo istražno bušenje tako da bušotine prate nagib kontaktne plohe. Istražni hodnici su modelirani na lokalitetu Skakavac, te između lokaliteta Skakavac i Crvene stijene.

U novije vrijeme se, zahvaljujući razvoju računalne tehnike, u rudarstvu sve više koriste namjenski programi za grafički dizajn kao što je Power InRoads koji je korišten pri izradi ovog diplomskog rada. Ovi programi omogućuju jednostavniju i bržu izradu dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih modela postojećeg stanja i rudarskih zahvata u prostoru, te dobivanje njihovog boljeg i jasnijeg prikaza.

Na lokalitetu Skakavac je modelirano ležište boksita na temelju osam, do sada napravljenih, istražnih bušotina. Modelirane su i dvije varijante eksploatacije dobivenog ležišta. Prva varijanta je eksploatacija ležišta većim površinskim kopom kojim bi se zahvatilo gotovo cijelo ležište, a druga je eksploatacija ležišta manjim površinskim kopom u kombinaciji sa podzemnom eksploatacijom. U ovom radu je iznesena i mogućnost eksploatacije krovine i podine ležišta boksita kao a-g kamena kako bi se iskoristilo što više iskopanog materijala, te smanjila količina jalovine koja uvijek predstavlja problem jer ju je potrebno negdje deponirati što dodatno poskupljuje cijeli projekt.

9. LITERATURA

DRAGIČEVIĆ, I., GALIĆ, I., PAVIČIĆ, I., DELJAK, G., 2016. Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi arhitektonsko-građevnog kamena u istražnom prostoru "Poljane". Elaborat. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

DRAGIČEVIĆ, I., GALIĆ, I., PAVIČIĆ, I., DELJAK, G., 2015. Elaborat o rezervama arhitektonsko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Crvene stijene“. Elaborat. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

DRAGIČEVIĆ, I., 1981. Geološki odnosi u boksitonosnom području Jajca. Magistarski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

GALIĆ, I., FARKAŠ, B., 2011. Primjenjeni računalni programi: Interna skripta. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

MARINKOVIĆ, R., AHAC, A., 1975. Osnovna geološka karta SFRJ, list Jajce, 1:100000. Beograd: Savezni geološki zavod.

MIHALJEVIĆ, M., 2016. Modeliranje ležišta boksita i podzemnih prostorijskih na boksitonosnom području Poljane s prijedlogom novih istraživanja. Diplomski rad. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

RUDNICI BOKSITA JAJCE, 2016. Arhiva podataka Rudnika boksita Jajce 1971-2016. Arhivirani podaci. Jajce: Rudnici boksita Jajce.